

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS DO PONTAL – ICHPO  
CURSO DE LICENCIATURA E BACHARELADO EM GEOGRAFIA

**LUIZ STEFANO MACHADO FERNANDES**

**AS PERSPECTIVAS AMBIENTAIS VINCULADAS AO AUMENTO DA FROTA DE  
VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL**

ITUIUTABA-MG  
2021

**LUIZ STEFANO MACHADO FERNANDES**

**AS PERSPECTIVAS AMBIENTAIS VINCULADAS AO AUMENTO DA FROTA DE  
VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso de Geografia Licenciatura e Bacharelado do setor Instituto Ciências Humanas - ICHPO, Universidade Federal de Uberlândia- Campus Pontal, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciatura e Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Barboza Castanho

**LUIZ STEFANO MACHADO FERNANDES**

**AS PERSPECTIVAS AMBIENTAIS VINCULADAS AO AUMENTO DA FROTA DE  
VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso de Geografia Licenciatura e Bacharelado do setor Instituto Ciências Humanas - ICHPO, Universidade Federal de Uberlândia- Campus Pontal, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciatura e Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Barboza Castanho

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Roberto Barboza Castanho-ICHPO/UFU

---

Prof. Dr. Adriano Rodrigues de Souza de La Fuente

---

Prof. Matheus Alfaiate Borges

Ituiutaba, 08 de setembro de 2021.

Dedico a todos e todas que fizeram parte da minha caminhada e me orientaram nas melhores decisões.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial, aos meus pais Jose Luiz Fernandes e Marilene Raimunda Machado Fernandes por estarem sempre do meu lado e ter o privilégio de ser filho. Aos meus irmãos Luiz Henrique Machado Fernandes e Anna Elise Machado Fernandes pela preocupação e todos os outros sentimentos positivos ao longo da vida.

Tenho imensa satisfação de ter ingressado na Universidade Federal de Uberlândia, Campus Pontal com todo o corpo docente de excelência, em especial Professor Doutor Roberto Barbosa Castanho e outros orientadores ao longo dos anos. Agradeço o periódico CAPES por oferecer e disponibilizar bibliografias, artigos, teses, dissertações e outras produções acadêmicas para formulação desse e outros trabalhos. Órgãos responsáveis por projetos e pesquisa voluntárias e as bolsas que recebi ao longo da carreira acadêmica

Agradeço aos amigos e colegas que estiveram presentes em todos os momentos, novos e antigos integrantes e agregados na República 100Freio e de maneira específica Miqueas Marques, Michael Carvalho, Leonardo Alfaiate, Mateus Duarte, Matheus Alfaiate, Pedro Tessarin, Rodrigo Gilbertoni, Pedro Almeida e ademais que fizeram parte da graduação. Por fim, minha namorada e companheira de vida Sara Reis dos Santos.

## RESUMO

As mudanças climáticas vêm induzindo e direcionando os governos, sociedade e empresas a viabilizar tecnologias que evitem o agravamento ou que revertam a situação atual a partir de planos de ação. Um produto deste esforço é o veículo elétrico, principalmente devido às questões ambientais e manutenção do mercado, tem elencado experiências, quando não, substituição de sistemas e processos sem que os entes públicos e privados consigam se adequar e reduzir possíveis impactos na sociedade. Ele já está presente em território brasileiro e essa pesquisa objetiva descrever futuras perspectivas ambientais acompanhadas de impasses a ser gerados pela ampliação desse segmento no Brasil. Como processo metodológico fora realizado uma pesquisa teórica expositiva com abordagem quantitativa, elencando experiências acerca de alguns impactos, posturas, questões e possíveis soluções presenciadas nas mais variadas regiões do globo e que possam ser usadas em território brasileiro, assim como estabelecer comparativos e orientações da forma com que o público e o privado possam atuar no território nacional. Fora realizado tanto um levantamento bibliográfico, quanto criação de tabelas e quadros comparativos representativos para explicação e favorável a temática ademais um trabalho de campo no interior de São Paulo em busca de um Eletroposto. Conclui-se que por mais que existam diversos fatores que viabilizam o Veículo Elétrico, pouco se tem feito, principalmente pela iniciativa pública. Não há de maneira concreta uma atenção voltada em favorecer, investir e adaptar o mercado automobilístico para um segmento aparentemente irreversível, dada as condições climáticas atuais.

**Palavras-chave:** Veículo Elétrico; Perspectiva Energética; Planejamento e Mobilidade Urbana.

## ABSTRACT

The climate changes has been inducing and directing the governments, society and companies to guarantee technologies that avoid the increase or that reverse the current situation. One product from this effort is the electric vehicle, mainly due to environmental matters and market maintenance. It has listed experiences, when not, the substitution of the systems and process without the public and private entities being able to adapt and reduce possible impacts on society. It's already present in the Brazilian territory and this research has the objective of describing future environmental prospects followed by obstacles to be generated by the expansion of this segment in Brazil. As a methodological process it has been conducted as theoretical expository research with a quantitative approach had been carried out, listing experiences about some impacts, postures, questions and possible solutions experienced in the most variety regions of the globe that can be used in the Brazilian territory, as well to establish comparatives and orientations about the way in which public and private can act in the national territory. bibliographic survey was carried out, as well as the creation of representative tables and comparative charts for explanation and favorable to the theme, besides a fieldwork in the country of São Paulo in search of an Electro-station. The conclusion is that even if there are several factors that make the electric vehicle viable, just a little has been done, mainly by public initiative. There isn't any concrete attention focused on favouring, investing and adapting the automotive market for an apparently irreversible sector, given the current climatic conditions.

**Keywords:** Electric Vehicle; Energy Perspective; Planning and Urban Mobility.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Aspectos interdependentes do VE.....	17
Figura 02: Nissan <i>Leaf</i> , modelo 2012.....	25
Figura 03: Toyota <i>Prius</i> , modelo 2012.....	26
Figura 04: Exemplos de plugues de veículos elétricos.....	32
Figura 05: Ilustração prática do carregamento Wireless e componentes do sistema DWPT.....	36
Figura 06: Ilustração prática do Sistema de carregamento com sua devida infraestrutura elétrica do sistema estudado.....	37
Figura 07: Exemplificação real do projeto.....	38
Figura 08: Localização dos pontos de recarga da Tesla.....	47
Figura 09: Elementos e Estruturas de um posto de gasolina.....	49
Figura 10: Jazidas de lítio na região do Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais.....	51
Figura 11: Panorama setorial da utilização do carbonato e hidróxido de lítio.....	52
Figura 12: Ponto de carregamento de VEs, no posto GRAAL, interior de São Paulo.....	67
Figura 13: Eletroposto de carregamento específico.....	68

## LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Proporção crescente de pesquisas científicas focada em veículos elétricos e temas correlatos.....	19
Gráfico 02: Matriz Energética Mundial de 2018.....	33
Gráfico 03: Matriz Energética Brasileira.....	34
Gráfico 04: Emissões totais (2021) em Mt CO <sub>2</sub> .....	61
Gráfico 05: Emissões de CO <sub>2</sub> per capita (2018), em t CO <sub>2</sub> /hab.....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Tipos de baterias e características gerais.....	27
Tabela 02: Principais problemas de saúde ocasionadas por poluentes de automóveis.....	39
Tabela 03: Contribuição de trabalhos e pesquisas acadêmicas sobre os efeitos dos poluentes.....	40
Tabela 04: Reservas mundiais e produção de Lítio.....	50
Tabela 05: Vendas e/ou emplacamentos de veículos elétricos (VEs) no Brasil – 2012 a fevereiro de 2021.....	53
Tabela 06: Capacidade Instalada em MW.....	55
Tabela 07: Geração de energia elétrica total entre as principais fontes produtoras.....	56
Tabela 08: Consumo de energia elétrica nas diferentes regiões brasileiras.....	58
Tabela 09: Incentivos vigentes em território brasileiro até outubro de 2019.....	64
Tabela 10: Alíquotas de IPI de alguns VEs e VEHs comercializados no Brasil, a partir do Decreto 9.442.....	65

## LISTA DE SIGLAS

ABVE: Associação Brasileira de Veículos Elétricos

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

BEN: Balanço Energético Nacional

BIL: Baterias com íons-lítio

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

DWPT: Dynamic Wireless Power Transfer

e.g.: por exemplo

EV: Electric Vehicle

GEE: Gases do Efeito Estufa

GHG: Greenhouse Gases

ICE: Internal Combustion Engine

IPVA: Imposto Sobre Propriedades De Veículos Automotores

LCE: Lithium Carbonate Equivalent

LIBS: Lithium-ion batteries

MP: Material Particulado

MSAs: Grandes áreas Metropolitanas

PEV: Plug-in Electric Vehicle

PNMU: Política Nacional de Mobilidade Urbana

PU: Planejamento Urbano

SIN: Sistema Integrado Nacional

VE: Veículo Elétrico

VEs: Veículos Elétricos

VEHs: Veículos Elétricos Híbridos

ZEV: Zero-Emissions Vehicles

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
2.	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	21
2.1	Veículos Elétricos: Breve Contextualização Histórica .....	21
2.2	Tipos de Veículos Elétricos .....	24
2.3	Tipos de Baterias e a Adversidade Do Íon-Lítio.....	26
2.4	Perspectiva Energética .....	30
2.5	Perspectivas para Saúde .....	38
2.6	Perspectivas sobre as Políticas de Incentivos.....	42
2.7	Planejamento e Mobilidade Urbana .....	45
3.	<b>RESULTADOS</b> .....	50
3.1	Disponibilidade de Lítio e Reciclagem.....	50
3.2	Questão Energética Brasileira .....	54
3.3	Emissões e Problemáticas à Saúde Advindas dos Transportes Tradicionais.....	60
3.4	Políticas de Incentivo Financeiro Brasileira para Adoção dos Ves .....	63
3.5	Planejamento e Mobilidade Urbana Em Prol Aos Ves.....	66
4.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	69
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	72

## 1. INTRODUÇÃO

O crescente número de inovações em produtos e processos é um fato incontestável no momento atual. Com frequência produtos e inovações são apresentados em meios de comunicação e redes de informação, em sua maioria tecnológicas e desenvolvidas para os mais variados campos da atividade antrópica.

A maioria das inovações guarda em comum: a velocidade com que são introduzidas, o número de pessoas que alcançam, quando bem-sucedidas, embora sempre compatíveis com a sua natureza e dependendo da dimensão do segmento de mercado, nicho ou setor a que são destinadas, e de forma geral, sobrepondo-se aos produtos e processos usuais e consolidados.

Aplicativos de relacionamento interpessoal podem atingir milhões de pessoas em poucas horas e um produto como o telefone celular popularizou-se em poucas décadas alcançando a grande parte da população brasileira.

Estas características impactam fortemente as “instituições” integrantes da sociedade como o setor público, a legislação, as relações sociais e atividades e relacionamentos econômicos. A percepção, reação e adaptação por parte dessas instituições em relação as inovações são em sua maioria tardias e, em muitos casos, se tornam obsoletas rapidamente.

Em conformidade com cenário acima, um bom exemplo, entretanto em dimensões menores, é o aplicativo de serviços Uber. Segundo Grattapaglia (2017, p. 6), o Uber surgiu “[...]inicialmente como uma alternativa ao uso do táxi, o que efetivamente gerou uma queda abrupta da demanda do serviço de táxi” e desestruturou o segmento de prestação de serviços em transporte urbano não coletivo.

O aplicativo foi contestado pelos taxistas e pelo poder institucionalizado, inclusive com agressões físicas à usuários e motoristas, tentativas de normatização, fortes impactos na comercialização e locação de veículos, o que acabou por gerar uma nova categoria de trabalho a margem da legislação, entre outros eventos. Tudo isto num espaço de tempo relativamente curto.

A maioria dos esforços contra a inovação citada não obteve êxito, além de que o mesmo gerou forte mudança cultural/comportamental da sociedade conforme ressalta GRATTAPAGLIA (2017, p. 6-7),

[...] o Uber começa a ser visto, cada vez mais, como uma alternativa à propriedade e uso do automóvel particular. Com seu preço acessível e outras vantagens, como qualidade do serviço, praticidade e acessibilidade, algumas pessoas têm tomado a decisão de vender seu automóvel e usar apenas o aplicativo Uber para se deslocar nas

áreas urbanas.

As inovações têm influenciado fortemente a sociedade e elas estão ocorrendo em um prazo inferior a uma geração; de forma geral, a sociedade e poder público estão despreparados ou com pequeno nível de informações, o que dificulta reação rápida desses, por vezes, sem a eficácia e eficiência desejáveis. Basicamente, em sua maioria são reativos e não se notam, reflexões e análises ambientais mais apuradas dos possíveis impactos e adversidades decorrentes de sua introdução e consolidação em nosso país, ainda mais em virtude do aquecimento planetário e o presente fenômeno do Efeito Estufa.

Induzido pela crise ambiental planetária, inovações relacionadas diretamente a esse tema estão sendo desenvolvidas e são fartamente documentadas na literatura científica, expostas na grande imprensa e nas mídias coletivas, além de objeto em inúmeros eventos acadêmicos, comerciais, industriais e tecnológicos, e políticos, como os liderados pela ONU (Organização das Nações Unidas).

Apontado como grande potencializador dessa crise, popularmente referido como Efeito Estufa, a emissão de gases, em grande parte derivada da combustão modifica de maneira expressiva a composição atmosférica de modo que vários países, nos últimos anos, assinaram tratados buscando sua redução, induzindo a maior utilização de tecnologias que minimizem a emissão de gases, como o veículo elétrico – VE (VONBUN, 2015).

Nesse sentido, o Mundo, de acordo com Schiavi (2020, p.89) “está vendo esta nova tendência sendo impulsionada pela tecnologia”, com raízes fortes na temática ambiental, já observada em inúmeras conferências pioneiras, como a das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992 no Rio de Janeiro.

Nesse contexto, ressaltado por Rocha (2013, p. 32),

O início dos anos 90 trouxe preocupações relacionadas ao meio ambiente e, por isso, a indústria mundial automobilística voltou-se para a busca de energia renovável e menos poluidora para alimentação de novos modelos, ressurgiu, assim, a ideia do carro elétrico. A partir de 2000, as maiores montadoras começaram não só a comercializar automóveis elétricos bem como investir cada vez mais nesta tecnologia.

O setor de transporte, apontado como o setor que percentualmente mais emite gases do Efeito Estufa, alcança cerca de 25% do total das emissões e conforme relatório da 24ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 24), realizada em Katowice (Polônia), os fabricantes de veículos estão sendo pressionados a desenvolver alternativas tecnológicas, como forma de atender a legislação cada vez mais restritiva e dar continuidade da

sua própria atividade. Nesse caso, destacam-se os veículos elétricos - VEs, com baixa ou nenhuma emissão de gases (BRITO, 2018; VONBUN, 2015).

Diante disso, os VEs vem sendo desenvolvidos por empresas e governos, neste último caso através de incentivos. Como exemplo brasileiro, temos a Itaipu Binacional, que conta com projetos impulsionados pelas questões ambientais, o qual, segundo SCHIAMI (2020, p. 94),

A Itaipu, atualmente figura entre as maiores empresas do país a trabalhar e a aderir projetos que incentivam o uso do veículo elétrico no país. Em parceria com diversas instituições e organizações, a empresa tem um trabalho contínuo de atuação em desenvolvimento de projetos relacionados ao programa de veículos elétricos, dentre eles o projeto é piloto em testes desde 2014, e seu potencial é enorme.

Apontado como alternativa para crise ambiental, o VE vem ocupando um espaço cada vez maior, sem que, os principais aspectos relacionados ao seu uso na sociedade tenham sido devidamente avaliados e estudados, a exemplo do que ocorreu com outras inovações como Uber.

Os VEs, cuja expansão é considerada inevitável, requer dos agentes públicos, ações para recepcionar esse produto, sob pena de não conseguir acompanhar e/ou regular as tendências e comportamentos derivados do seu uso extensivo.

Embora evidências apontem no mundo que os VEs estão em número crescente, Rocha (2013, p. 41) já relatava o descompasso brasileiro entre a realidade e o setor público colocando que,

Diferente do que acontece nos Estados Unidos e em muitos países na Europa, o governo federal brasileiro de nenhuma maneira oferece incentivos para as indústrias montadoras fabricarem o automóvel elétrico no país. Os consumidores também não dispõem de subsídios para a aquisição do carro elétrico. Não há ainda iniciativas quanto ao desenvolvimento de uma rede de infraestrutura para a viabilização do uso do automóvel elétrico no país.

Como ressaltado por PINSKY (2017 p. 109), a flexão oriunda do VE “surge como indagação buscar um aprofundamento no entendimento da gestão dos projetos de inovação orientados para a sustentabilidade, e como esse conhecimento pode contribuir com a formulação de políticas públicas”.

Neste sentido, alguns países europeus, se antecipando, investem em infraestrutura para os VEs e já possuem eletropostos, construções preparadas para recepcioná-los e zoneamentos municipais modificados para conviver com eles.

Adicionalmente existem propostas e leis para interromper a fabricação de carros à

combustão e adotar o VEs como principal meio de locomoção nas ruas e cidades (SCHIAVI, 2020).

Noticia-se em sites de notícias e periódicos, como *BBC*, *New York Times*, *Washington Post* e até de cunho governamental, que a partir de 2030 não mais serão fabricados carros com motores à combustão na Alemanha e Reino Unido e essa repercussão atinge um encadeamento de ordens executivas de maneira que o site de notícias G1 (2021, s/p) divulga que,

[...]o presidente dos Estados Unidos, Joe Biden, instruiu o governo federal a não autorizar novas perfurações de petróleo e gás em suas terras, eliminou subsídios aos combustíveis fósseis e ordenou a transformação da frota de carros e caminhões do governo em veículos elétricos, entre outras medidas que marcam uma guinada em relação à política ambiental adotada por seu antecessor, Donald Trump.

Considerando este quadro, o caminho chave, com vistas a gerar resultados eficazes e eficientes para todos, consiste em antecipar e planejar o cenário futuro, encaminhando ações e atividades que busquem, segundo SCHIAVI (2020, p. 89),

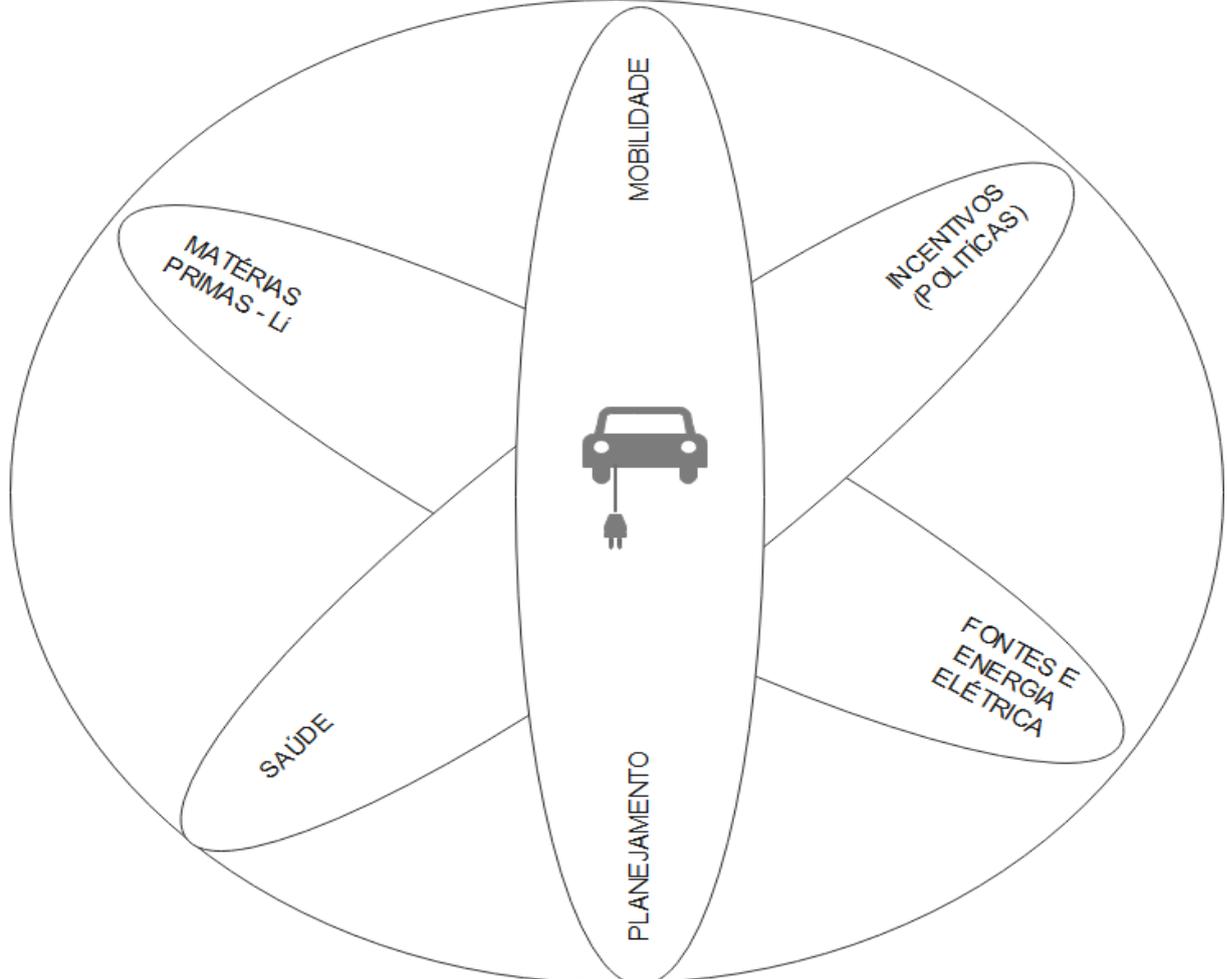
[...]fontes de informações através dos documentos de patentes e artigos científicos possibilitam ter uma visão das perspectivas do Brasil frente a essas tecnologias e mercado. Ademais, as tecnologias atuais criam uma expectativa de que o carro elétrico seja acessível e uma possível solução para a diminuição do aquecimento global.

Ilustrando assim, o contexto do parágrafo anterior, entre outros pontos a serem analisados e estudados ao decorrer da pesquisa desse Trabalho de Conclusão de Curso, se tem a demanda de novas técnicas de manutenção dos VEs, pois estes são construtivamente mais simples que os veículos a combustão e tem menor número de peças e itens.

A Figura (01) representa algumas prioridades que também carecem de análises mais apuradas diante da inovação automobilística do VE nas sessões subsequentes.

Essa inovação representa mais uma vez, o quanto o mercado automobilístico impacta a sociedade e o meio, de modo que historicamente, segundo Ehsani (2004, p.1), “*The rapid development of the automotive industry, unlike that of any other industry, has prompted the progress of human society from a primitive one to a highly developed industrial society*”.

Figura 01: Aspectos interdependentes do VE



Org.: FERNANDES, L. S. M., 2021.

Diante do exposto, o objetivo geral dessa investigação versa sobre descrever futuras perspectivas ambientais acompanhadas de impasses a ser gerados pela ampliação desse segmento no Brasil.

Em relação aos objetivos específicos traçaram-se alguns que a nortearam, tais como: (a) Avaliar recursos tecnológicos e matéria prima (*Lithium*) com viés ambiental da indústria automobilística para fabricação de veículos sustentáveis; (b) Apresentar as implicações de demandas energéticas e saúde pública para uma crescente frota de veículos elétricos; e (c) identificar políticas de incentivo, planejamento e mobilidade urbana que satisfaça um ambiente propício ao veículo elétrico.

De forma específica, não se pretende esgotar o tema dada sua amplitude, mas subsidiar a administração pública/privada no planejamento a partir de considerações acerca do tema e a

nova dinâmica gerada pelos VEs, em uma visão mais ligada a um lado social teórico.

O VE já faz parte do cotidiano de algumas das principais capitais brasileiras, como São Paulo e Rio de Janeiro, no qual representa aproximadamente 1% da frota de automóveis de acordo com o Denatran (2021), e ainda não impactou significativamente o contexto urbano, algo que deverá ocorrer a medida em que os volumes deles forem significativamente maiores.

O que se constata são iniciativas específicas em relação a estes. Por exemplo, o estudo de eletropostos em Uberlândia/MG (XAVIER, 2020) e o uso dos VEs pela prefeitura de São José dos Campos/SP (RIBEIRO, 2021).

O crescente aumento da frota mundial de VEs trouxe consigo questões e adversidades que estão sendo notadas nos países com maior expressividade nesse segmento, entre as quais destacam-se: disponibilidade e fontes de energia elétrica, matéria prima para baterias e respectiva reciclagem, infraestrutura de carreamento, políticas de incentivo, saúde pública e financiamento, planejamento urbano e mobilidade (Figura 01).

Visto que se espera uma maior participação dos VEs no setor de transporte e mobilidade, inclusive no Brasil, esse trabalho encontra justificativa em expor as questões e adversidades elencadas acima relacionada à realidade brasileira e quando possível apresentar subsídios para a melhor tomada de decisão e planejamento por parte do poder público e outros, objetivando evitar que essas questões e adversidades transcorram de forma negativa em território brasileiro.

A justificativa apresentada é reforçada quando se considera que o assunto tem despertado o interesse da sociedade como um todo. Todos os dias são divulgadas novas informações sobre VEs e temas correlatos nas principais fontes informativas e de notícias.

O tema carro elétrico como pesquisa encontra 12,8 milhões de resultados, enquanto quando em inglês, superam 1 bilhão, no buscador Google, mesmo sabendo-se que existam grande número de repetições.

Para a comunidade acadêmica, o número de trabalhos científicos publicados nos últimos anos vem crescendo, conforme ilustra o Gráfico (01), que traz resultados de busca sobre *electric vehicles* efetuada em 22 de março de 2021, na plataforma científica *online* de pesquisas acadêmicas *ScienceDirect*.

O número de trabalhos, como pode ser observado no Gráfico 01, continua aumentando embora estejamos em meio a uma pandemia global.

**Gráfico 01:** Proporção crescente de pesquisas científicas focada em veículos elétricos e temas correlatos

**Fonte:** ScienceDirect, (2021, s/p).  
**Org.:** FERNANDES, L. S. M., 2021.

Os aportes metodológicos para execução dessa pesquisa teórica foram separados em etapas. Pelo fato dessa pesquisa ser realizada em meio a um isolamento social proporcionado pela pandemia que assola o país no momento presente, destaco-as em etapas, tais como:

**1ª Etapa:** Inicialmente, concentra-se em dados e fontes documentais sobre o VE, abordando questões técnicas/tecnológicas, comerciais, econômicas e ambientais, TCCs, de mestrados e doutorados e artigos científicos, majoritariamente.

Complementarmente, recorreu-se a periódicos, revistas especializadas e artigos jornalísticos; quando proveniente destas fontes, selecionou-se os veiculados em órgãos com credibilidade e reconhecimento público.

**2ª Etapa:** A seguir, selecionou-se os dados e foi elaborada uma síntese daqueles que notoriamente estão presentes na pesquisa. Para isso, foi necessário adequar, analisar e interpretar as informações no sentido de orientar quais as discussões e comparativos serão realizadas dentro de uma linha estratégica exploratória e com abordagem quantitativa. Com isso foram apontadas nas sessões, subdivisões de acordo com as temáticas sociais chave, que se destacam como primordiais para reflexão e subsídio do tema.

**3ª Etapa:** Construção de tabelas e quadros comparativos a partir de dados gerais com

enfoque ao veículo elétrico que auxiliam no entendimento do tema, apresentados nos resultados no sentido de buscar comparações em estudos de casos de outros países, como Países Europeus, Norte Americanos e Asiáticos, entre outros expondo assim, quais as principais medidas e propostas possíveis para um melhor preparo dessa inovação tecnológica. Também fora realizado um trabalho de campo no interior de São Paulo para localizar algum Eletroposto e discutir sobre ele, conforme apresentado nas seções abaixo.

**4ª Etapa:** Buscou-se as interações e interpelações entre a introdução e comparação teórica sobre os VEs e aspectos como, uso dos espaços urbanos, qualificação da mão-de-obra, mudança do perfil, planejamento urbano, sustentabilidade, tributação, conforme descrita na Figura (01) para discussão em resultados. Obviamente, dada a extensão dos temas e dificuldades na obtenção dos mesmos, foram selecionados pontos que justificam a argumentação relativa ao contexto.

**5ª Etapa:** E por último, elaborou-se síntese e análise final dos dados comparados para uma melhor exemplificação e resposta da redação descrita ao longo da pesquisa, assim como a proposta do TCC, informar possíveis irregularidades e soluções condizentes com a realidade nacional diante da popularização do carro elétrico.

As etapas apresentadas acima foram estruturadas nos seguintes tópicos: contexto histórico, caracterização dos VEs, questão do Lítio para baterias, questão energética e saúde pública, entre outros, presentes no referencial teórico. Na sequência organizou-se as informações e análises relacionadas a situação brasileira na seção Resultados e finalizando a seção de conclusão e comentários finais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Apresenta-se a seguir, o resumo teórico sobre o veículo elétrico, seguido da abordagem sobre os principais pontos a serem analisados ao longo deste TCC como baterias elétricas, carregamento de baterias, incentivos ao carro elétrico e planejamento urbano, entre outros presentes nos subtítulos abaixo. Obviamente, devido ao amplo espectro do tema, restringiu-se o referencial teórico aos itens com melhor aderência aos objetivos deste TCC.

### 2.1 VEÍCULOS ELÉTRICOS: CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

O primeiro VE foi construído em 1835, embora existam divergências sobre data exata e sobre quem foi o construtor pioneiro dessa façanha. Somente em 1891, o VE alcançou o sucesso e real funcionalidade. Com poucas estradas e um maior desempenho com relação ao transporte animal, no final do século XIX na Europa, o veículo elétrico viveu seu apogeu sendo utilizado principalmente no transporte público coletivo (DENG, 2020; OLIVEIRA, 2012; EHSANI et al., 2004).

Outro fator que favoreceu a produção de carros elétricos em sua etapa inicial foi o desenvolvimento da frenagem regenerativa desenvolvida pelo francês M.A Darracq, em 1897. Essa tecnologia permitia que durante a frenagem, houvesse a geração de energia e o consequente carregamento da bateria pela conversão da energia cinética (movimento) em energia elétrica, e com isto aumentando a autonomia do veículo (EHSANI et al., 2004).

Dessa maneira, caracteriza Barrassa (2015 p. 19) a situação nos primórdios da indústria automotiva,

Já o ano de 1905 é marcado pela ausência de uma rota tecnológica definida de propulsão veicular, a qual foi refletida na acirrada competição entre os três motores (a vapor; elétrico e a combustão interna), verificado por meio de dados quantitativos de veículos registrados com esta tecnologia nos Estados Unidos, pois a competição pelo tipo do motor dominante ocorreria de forma mais intensa nesse país.

As tecnologias acima representaram uma importantíssima inovação que colocaram em xeque a indústria de carruagens de tração animal. Também foram descontinuados os projetos referentes aos motores elétricos que apresentavam alto custo de produção, somados a baixa eficiência e autonomia das baterias. (BARRASSA, 2015; CASTRO, BARROS, VEIGA, 2013; DENG, 2020).

Os motores a vapor entraram também no “esquecimento” por apresentarem barreiras tecnológicas descritas por Barrassa (2015, p.26) no desafio em “diminuir a dimensão volumétrica deste motor, que não foi superado. Os automóveis de passeio demandavam necessariamente motores compactos para viabilizar sua rodagem e proporcionar uma boa relação potência/peso”.

Todavia, com a popularização e investimentos, os motores a combustão que já em seus primeiros projetos eram melhor-equipados, tinham maior autonomia e, com a crescente disponibilidade de gasolina, esses se tornaram rapidamente a principal motorização utilizada nos veículos de transporte em todo mundo (DENG, 2020).

Nessa mesma linha, as afirmações de EHSANI et al. (2004, p. 13-14) apontam que,

*As gasoline automobiles became more powerful, more flexible, and, above all, easier to handle, electric vehicles started to disappear. Their high cost did not help, but it is their limited driving range and performance that really impaired them vs. their gasoline counterparts. The last commercially significant electric vehicles were released around 1905. During nearly 60 years, the only electric vehicles sold were common golf carts and delivery vehicles.*

As limitações tecnológicas da época fizeram com que inúmeros projetos e empresas “abandonassem” os investimentos nos VEs, que permaneceram quase nulos durante 60 anos.

Após este longo período, nas décadas de 60 e 70, preocupações com o meio ambiente impulsionaram pesquisas tecnológicas, buscando avanços técnicos na potência, no alcance e desempenho, que eram considerados os principais obstáculos ao retorno da comercialização dos VEs (EHSANI et al., 2004).

Adicionalmente ao fator meio ambiente, Barrassa (2015, p. 29) apresenta três outros que contribuíram para o desenvolvimento dos VEs, sendo,

O primeiro deles refere-se choque do petróleo em 1973 e os graduais aumentos do preço dos combustíveis fósseis, que acabaram por encarecer o custo de rodagem de um automóvel dotado de um motor a combustão interna. O segundo refere-se ao pano de fundo dos debates e acordos políticos pautados pela agenda ambiental na década de 1970. Por fim, o terceiro fator envolve a questão da saúde pública no que tange aos problemas de saúde causados pela emissão de poluentes vindos dos veículos com motor a combustão interna nas cidades.

Em que pese as limitações tecnológicas da época, não se imaginava o quão rapidamente o desenvolvimento técnico superaria barreiras, ligadas a performance, na ocasião aquém das necessidades, especialmente a capacidade de armazenamento de energia elétrica por unidade de peso e volume. Um exemplo recente de desenvolvimento tecnológico é a redução de custo

de fabricação dos packs de baterias (EHSANI et al., 2004; DELGADO et al., 2017).

Segundo o autor citado anteriormente e a realidade vivenciada na época de seu estudo, o VE não seria competitivo em relação ao movido a combustão e por esta razão, os projetos não trariam retorno e competitividade como ocorreu em 1905 (EHSANI, et al., 2004).

A projeção mostrou-se incorreta. Com preço do petróleo oscilando e alcançando níveis não imaginados, elevados níveis de poluição atmosférica resultante dos motores à combustão e diversas circunstâncias ambientais como gases de efeito estufa e aquecimento global, somados a incentivos e planos governamentais houve uma retomada dos VEs.

Nesse sentido, esse segmento automobilístico, foi colocado por Larminie e Lowry (2012 et al, p. 13-14), como,

*Electric vehicles are normally associated with benefits to the environment and saving energy. These benefits include reducing local pollution from the vehicles themselves, reducing dependence on oil and other fossil fuels and reduction of carbon emissions. When considering the introduction of electric vehicles a thorough understanding of the effects on the environment is needed.*

Nos primeiros anos do século XXI, a Tesla Motors, a Toyota e a Honda lançavam protótipos e projetos de carros elétricos/híbridos, e desde então os VEs vem ganhando espaços significativos do mercado automobilístico. Com desenvolvimento tecnológico e superação das barreiras técnicas, as vendas globais de VEs batem recordes (DELGADO et al., 2017).

No momento presente, o cenário é favorável aos VEs e apoiado pelo interesse de um consumidor mais consciente de suas escolhas e os respectivos impactos no meio ambiental, fabricantes apresentando novos produtos, os subsídios e incentivos oferecidos pela administração pública e ainda, tributações crescentes de veículos movidos a combustão que impulsionam ainda mais a competitividade dos VEs, e a curto prazo, se enraizando dentro desse mercado (CONTESTABILE, ALAJAJI E e ALMUBARAK, 2017).

Em relação as perspectivas futuras, Contestabile, Alajaji e Almubarak (2017, p. 80) alerta que,

*However as higher levels of adoption are reached and policy support measures are withdrawn, costs will increasingly be passed on to EV users. The actual cost of electrification will then become very important in determining whether or not the EV transition will be able to sustain itself. Switching to more cost effective electrification paths later on would still be possible but challenging. Meanwhile the whole EV transition could risk stalling. In light of this, posing the question whether today's EV and infrastructure policy is conducive to cost-effective electrification of passenger cars becomes more important.*

Os autores também apontam possíveis riscos e custos na infraestrutura que demandam ainda, um melhor planejamento, diante dessa rápida e recente adesão aos veículos elétricos (CONTESTABILE, ALAJAJI E e ALMUBARAK, 2017).

É essencial realizar estudos para que futuramente, dentro da pesquisa efetuada, os custos presentes a médio prazo não superem os incentivos e financiamentos governamentais necessários até o barateamento suficiente do custo de baterias e matéria prima, ou seja, o alicerce para uma equilibrada concorrência com carros movidos a combustão (CONTESTABILE, ALAJAJI e ALMUBARAK, 2017).

Independente da análise dos autores citado acima, há um fervilhante rol de notícias e informações sendo veiculadas em meios não acadêmicos que indicam um futuro promissor para os VEs, e conforme apontado por Larminie e Lowry, (2012, p. 15),

*Environmental issues may well be the deciding factor in the adoption of electric vehicles for town and city use. Leaded petrol has already been banned and there have been attempts in some cities to force the introduction of zero-emission vehicles. The state of California has encouraged motor vehicle manufacturers to produce electric vehicles with its Low Emission Vehicle Program. The fairly complex nature of the regulations in this state has led to very interesting developments in fuel cell, battery and hybrid electric vehicles.*

A partir do exposto, pode-se dizer então que as preocupações presentes e crescentes, principalmente nos centros urbanos, envolvem a utilização desses veículos para uma melhor qualidade de vida no geral ademais a utilização de um transporte com maior eficiência energética (LARMINIE & LOWRY, 2012).

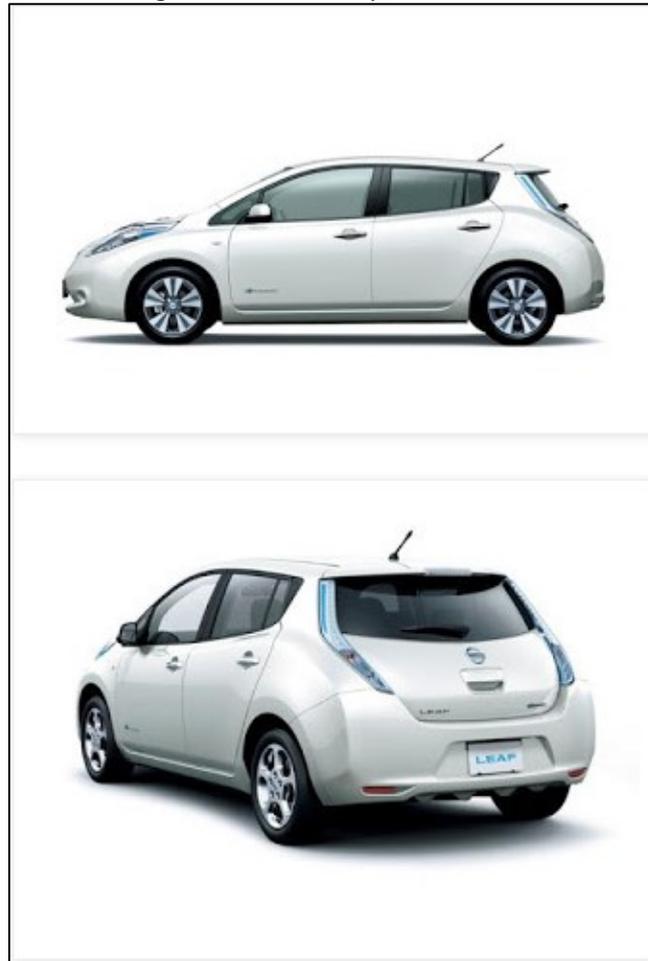
## 2.2 TIPOS DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Os VEs são relativamente simples quando comparados com aqueles à combustão e para melhor entendimento enquanto leitura e desenvolvimento da pesquisa, definimos aqueles que são compostos por uma bateria que armazena energia, ligada ao conjunto formado por um controlador e pelo motor, através de cabos elétricos, em alguns casos, um gerador (freio regenerativo) e sua transmissão.

Normalmente, os VEs têm seu carregamento proporcionado por meio de um plugue ligado a fonte de energia elétrica e uma unidade de carregamento, que pode ser carregada a bordo ou instalada em outro local, como em eletropostos. No Brasil, equipado com baterias de íons de lítio, esse modelo de veículo pode ser exemplificado pelo *Nissan Leaf* (Figura 02), que

possui autonomia aproximada de 160 quilômetros entre cargas (LARMINIE & LOWRY, 2012).

**Figura 02:** *Nissan Leaf*, modelo 2012



**Fonte:** Nissanclub (2020, s/p)

O veículo híbrido contém duas ou mais fontes de energia e acaba por apresentar uma variação muito grande de tipos e composições. Os mais comuns, possuem um sistema de baterias, motor elétrico, motor a combustão interna e um gerador. Por mais tecnológico que seja, esse tipo de veículo ainda é dependente de combustíveis fósseis e pode ser classificado em dois arranjos básicos: o híbrido em série e paralelo. Porém já existem alternativas de híbridos recarregáveis (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*), trazendo consigo o sistema de frenagem regenerativa, que gera eletricidade para armazenamento na bateria, elevando a autonomia, assim como visto nos veículos elétricos puros. O *Toyota Prius* (Figura 03), o *Volvo XC60*, *Ford Fusion*, *Toyota Corola* são exemplos comercializados em território nacional brasileiro (LARMINIE & LOWRY, 2012).

**Figura 03:** Toyota Prius, modelo 2012.



**Fonte:** carrosbr (2012, s/p)

Em proporções menores, se tem os chamados carros elétricos a hidrogênio. Apesar de sua criação, assim como no carro elétrico, ter ocorrido há muitos anos é uma tecnologia com menor propagação, talvez por exibir alta tecnologia embarcada e apresentar grande dificuldade em armazenar células de combustível de hidrogênio, sendo assim, ainda um desafio para o mercado automobilístico (LARMINIE & LOWRY, 2012).

### 2.3 TIPOS DE BATERIAS E A ADVERSIDADE DO ÍON-LÍTIO

Cada veículo elétrico e/ou híbrido possui um sistema interno eletroquímico de armazenamento de energia (bateria) necessário ao seu funcionamento. Dentre as mais variadas opções e tipos de baterias, destacam-se as, segundo Castro et al (2020, p. 2) “a bateria de íon-lítio (Ião-Li), a bateria de níquel-cádmio (NiCd), a bateria de hidreto metálico de níquel (NiMH), e a bateria de chumbo-ácido (PbAc)”. A Tabela (01) seguinte apresenta as principais características dos tipos de bateria citados acima.

**Tabela 01:** Tipos de baterias e características gerais.

Parâmetro / Tipo de Bateria	Ni-Cd	PbAc	NiMH	Íon-Li
<b>Eletrodo negativo</b>	Cd	Pb	LigaMH	Li <sub>x</sub> C <sub>6</sub>
<b>Eletrodo positivo</b>	NiOOH	PbO <sub>2</sub>	NiOOH	Li <sub>1-x</sub> CoO <sub>2</sub>
<b>Tensão Nominal / V</b>	1,2	2,1	1,2	3,6
<b>Densidade energética / Wh.kg<sup>-1</sup></b>	40-60	33-42	60-120	100-265
<b>Segurança</b>	Termicamente estável	Termicamente estável	Termicamente estável	Circuito de proteção obrigatório
<b>Intervalo de Temperatura (°C)</b>	-30 a 60	-35 a 45	-20 a 50	-10 to 50
<b>Auto-descarga (%/mês)</b>	25-30	3-20	30-35	5-10
<b>Eficiência Carga/Descarga (%)</b>	70-90	50-95	66	99,9
<b>Efeito de memória</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Número de Ciclos (80% de profundidade de descarga)</b>	1000	200-300	300-500	1000-2000
<b>Requerimento de manutenção</b>	Sim	Sim	Sim	Não

**Fonte:** CASTRO et al. (2020, p. 2)

**Org.:** FERNANDES, L. S. M., 2021.

Dentre os tipos apresentadas acima, desde 2009, vem ocorrendo forte demanda do sistema de íon-lítio justificada pela alta exigência e consumo de dispositivos elétricos, alinhados a tendência de produtos menores e compactos (KÖHLER, 2009). Além disso, segundo Delgado et al. (2017, p. 31), “Devido a seu custo reduzido e melhor desempenho, as baterias de íons de lítio (li-íon) têm sido mais adotadas por fabricantes de VEs” e isso pode ser confirmado a partir dos dados trazidos na Tabela (01) que apresenta suas vantagens ligadas à sua alta tensão e densidade energética, ademais aos seus ciclos de carga.

Porém, existem aspectos e potenciais compensações ambientais que não estão muito caracterizadas ou definidas. Se analisarmos um cenário futuro no qual, majoritariamente, constituído por veículos elétricos com sistema de armazenamento de lítio, questões como a disponibilidade de lítio, assim como sua capacidade de reciclagem/gestão de resíduos carecem

de uma abordagem mais aprofundada, uma vez que, a prevenção de impactos associados frente ao crescimento e implementação em veículos é essencial (RICHA, 2014).

De acordo com as previsões, a necessidade de desenvolvimento de uma infraestrutura de reciclagem capaz de recuperar tanto o elevado número de materiais presentes na bateria quanto um sistema de reutilização, reciclagem e disposição final é indispensável se pensarmos na quantidade e variedade de baterias circulando no mercado hoje e futuramente (RICHA, 2014).

A demanda de baterias com íons-lítio (BIL) de fato está em uma ascensão nunca vista, principalmente pela indústria automotiva; salienta-se que BIL também são consumidas em larga pela indústria eletroeletrônica.

O descarte indevido proporciona impactos prejudiciais ao meio ambiente e a conservação de energia, uma vez que até o presente momento, não existem muitos regulamentos e sistemas de padrões para reciclagem de BIL, ou seja, são inúmeras empresas com seus projetos de montagens singulares e em alguns casos, irreversíveis, complexos, que exigem etapas complicadas ou reagentes onerosos (HUANG et al., 2018).

Para isso, a adoção de normas e padrões para os produtos/produção, relativos à composição, organização e orientação dos materiais presentes nas BIL, por parte dos fabricantes facilitaria a coleta, transporte, manuseio e aproveitamento durante todo o processo de reciclagem (HUANG et al., 2018).

Um exemplo prático seria, segundo Huang et al. (2018, p. 280),

*At the last stage of a battery recycling process, the metal values from spent LIBs are transferred into other substances, such as alloys, slags, solutions and precipitates. For example, after a pyrometallurgical process, the lithium, aluminum and some iron will go into the slag, which can be used as a beneficial aggregate in concrete; an alloy with copper, cobalt, nickel and some iron will be further separated and refined into pure metals for reuse. As for hydrometallurgical process, a solution containing various ions is obtained after leaching step, which can be processed into different valuable products, such as metals, chemicals, new electrode materials, and other functional materials.*

Dessa maneira para o território e realidade social brasileira, esse material poderia ser aproveitado para infraestrutura pública e políticas de construção social de acordo com as diretrizes e direcionamentos que o Estado determinasse. Também podem ser efetuados contratos estratégicos para o fornecimento tanto do material a ser explorado, quanto por métodos ecologicamente corretos para minérios inexplorados no sentido de viabilizar o intercâmbio de tecnologias e processos de reciclagem (GROSJEAN et al., 2012).

Contudo, se analisarmos alguns processos de reciclagem, conforme Guo, Zhang e Tian (2020, p. 8),

*Many efforts have been devoted to improve the recycling process to recover valuable metals from obsolete LIBs, some of which have been industrialized. However, the grade required for lithium chemicals in LIBs is higher than that used in non-battery applications. The recycled lithium resources can hardly satisfy the power density in power batteries, so they only apply in other products according to the existing recycle technologies. And the chemical composition uncertainty of future LIB will also be a big challenge to LIB recycling.*

E em detrimento disso, o fomento a busca de alternativas ou até o estudo de materiais substitutos para o lítio são propostas apresentadas por inúmeros trabalhos acadêmicos, uma vez que, diante de uma possível proliferação ainda maior dos veículos elétricos não somente no Brasil, o abastecimento mundial poderá ser prejudicado, agravada também pela concorrência com outros segmentos tecnológicos que também dependem desse material.

Além do rápido e crescente desenvolvimento e mudança tecnológica das baterias, muitos processos de reciclagem ficarão em desuso, assim, conforme *De Las Casas e Li* (2012, p.74), nano tubos de carbono apresentam-se como uma *“peculiar structure and unique properties such as high electrical conductivity and tensile strength make them well suited as a critical component in novel anode material for enhanced lithium storage”*.

Outros estudos analisando, também, o uso do carbono dentro de uma proposta ambientalmente sustentável para as BIL's, segundo Hernández-Rentero, (2020, pag. 406) demonstram-se eficientes e aplicáveis de modo que a utilização *“two carbon materials derived from cherry pit, and differing by the activation pathway have been fully characterized for application as the anode in Li-ion battery”*. Nesse estudo, após um pré-tratamento de impurezas presentes nos dois materiais, a aplicabilidade deles como ânodos para células de BIT se viu positiva.

Assim, no que se difere da época do grande apogeu e exploração do petróleo e seus derivados, os estudos envolvendo os VEs se veem muito mais presentes e buscando por alternativas antes mesmo dessas adversidades serem vistas no cenário mundial. Por mais que faltem ainda, estudos e uma maior concretização da frota de veículos, é notório a preocupação e o cuidado dessa inovação tecnológica para sociedade atual e futura.

## 2.4 PERSPECTIVA ENERGÉTICA

Existem no mercado mundial, segundo Vidyanandan (2018, p. 2), veículos com eletricidade gerada por diversas fontes: “*such as fossil and non-fossil hydrocarbons, hydro/nuclear power and renewables*”. Para melhor entendimento e leitura da pesquisa, dessa subseção, serão expostos os tipos mais predominantes no cenário atual.

Conforme mencionado na introdução, a redução de Gases do Efeito Estufa (GEE) foi objeto de acordos internacionais, entre eles o Protocolo de Kyoto, realizado em 1997 no Japão. Nesse Protocolo foram estabelecidos metas e prazos com as quais se comprometeram numerosos países (ZANETI, 2018).

Justificado pelo interesse mundial nessa linha de desenvolvimento ambiental Zaneti (2018, p. 36) comenta a respeito de que, “O encontro mais recente ocorreu em dezembro de 2015, no COP-21, onde foi definido o Acordo de Paris, que rege medidas de redução de emissão dióxido de carbono a partir de 2020. O acordo foi aprovado por 195 países”.

Metas individuais por país também fizeram parte dessa discussão e como os veículos a combustão são geradores significativos dos GEE, a Alemanha, que é um centro – polo industrial automotivo – por exemplo, busca através de políticas públicas descontinuar produção e comercialização de carros movidos a combustível (DELGADO, 2017), fato também reconhecido por Gosh (2020, p. 2) ao salientar que, “*Governments around the world are trying to implement policies, e.g., EV purchase cost incentives, developing EV-charging infrastructure, and enchaining public awareness for EV uptake*”.

Entretanto, por mais que os VEs representem uma alternativa de redução dos GEE, muitos países geram a energia elétrica principalmente a partir do carvão e outros derivados de petróleo. Em princípio, na transição dos veículos à combustão para os VEs, a redução na geração dos GEE poderia não ter o impacto esperado, uma vez que, havendo maior demanda por energia elétrica esta seria gerada através da queima de combustíveis fósseis (DENG, 2020).

Por esta razão, Deng (2020, p. 978) textualmente enfatiza a necessidade de se utilizar fontes limpas para geração de energia elétrica,

*[...] the performance of GHG abatement varies greatly by considering different types of fuels for electricity. If coal is the principle resource to generate electricity for electric cars, the reduction in global warming emissions is not striking. For this reason, renewables and clean energies should be used in order to achieve the goal of GHG abatement.*

Se tem ainda, de acordo com Vonbun (2015), questões não respondidas relacionadas ao

aumento da demanda/carga do sistema elétrico e da sua capacidade de suprir a frota veicular elétrica em caso de um aumento vertiginoso. Com expressivo aumento do consumo, deveria ser avaliado seu impacto sobre as redes de transmissão e distribuição de problemas relacionados aos picos de uso, capacidade de suprir e transmitir aos postos de abastecimento, eventuais colapsos e até, segundo o autor, alternativa de compartilhamento, ligada a compra e venda, de energia de diferentes regiões (VONBUN, 2015).

Como existem estados com maior e menor demanda (Tabela 08), essas comercializações, segundo Vonbun, (2015, p. 24) “poderiam melhorar a confiabilidade e reduzir a capacidade ociosa, bem como os custos de operação da rede, o que poderia ainda reduzir os preços da energia”.

Ao analisar a situação dos Estados Unidos, Kintner-Meyer, Schneider e Pratt (2007, apud VONBUN, 2015) pontuam que a infraestrutura no ano de 2007 seria capaz de suprir somente 84% da frota de veículos híbridos. Pelo fato dessa possível realidade representar exemplo de operação próxima do limite operacional, provavelmente com a frota 100% elétrica ocorreria um colapso do sistema elétrico.

Se ao levar em consideração um cenário onde a maioria da população, carregasse seus veículos nos horários de menor atividade urbana (noturno), dificilmente uma infraestrutura atual suportaria a frota, uma vez que, conforme afirma CHIARADIA (2010, p. 104), são de “[...] 4 a 8 h para carregar as baterias do seu veículo durante um percurso, assim a falta de infraestrutura de carregamento rápido se torna um grande obstáculo para o crescimento de mercado de veículos elétricos no Brasil.”

Como essas estações de carga exigem pré-requisitos de um sistema que demanda maior potência, tensão e poder de carga, ou seja, carregadores que se destoam do sistema simples residencial, dados e levantamentos estatísticos são necessários antes da instalação dessa infraestrutura. Segundo Henrique e Dantas (2016 p. 45) “Os carregadores são equiparáveis às bombas de combustíveis (gasolina, gásóleo ou GNV/GPL) utilizadas para os veículos convencionais a combustão” que tem consigo características que se destoam até no plug-in receptor.

Conforme demonstrado na Figura (04), há diferentes encaixes de tomadas para as principais marcas de VEs no mundo. Uma instalação de carregamento heterogênea proporcionaria picos de demanda energética desigual entre bairros ou localidades onde somente certa marca de veículo conseguiria recarregar sua bateria. De forma mais clara, existiria a necessidade de uma maior parte dos consumidores destinarem seus veículos a esses locais com

uma maior frequência e/ou estabelecer rotas diárias que perpassem esses locais específicos para o carregamento.

**Figura 04:** Exemplares de plugues de veículos elétricos.

	N. America	Japan	EU And the rest of markets	China	All Markets Except EU
AC	 J1772 (Type 1)	 J1772 (Type 1)	 Mennekes (Type 2)	 GB/T	 Tesla
DC	 CCS1	 CHAdeMO	 CCS2	 GB/T	

**Fonte:** Ovoenergy (2020, s/p)

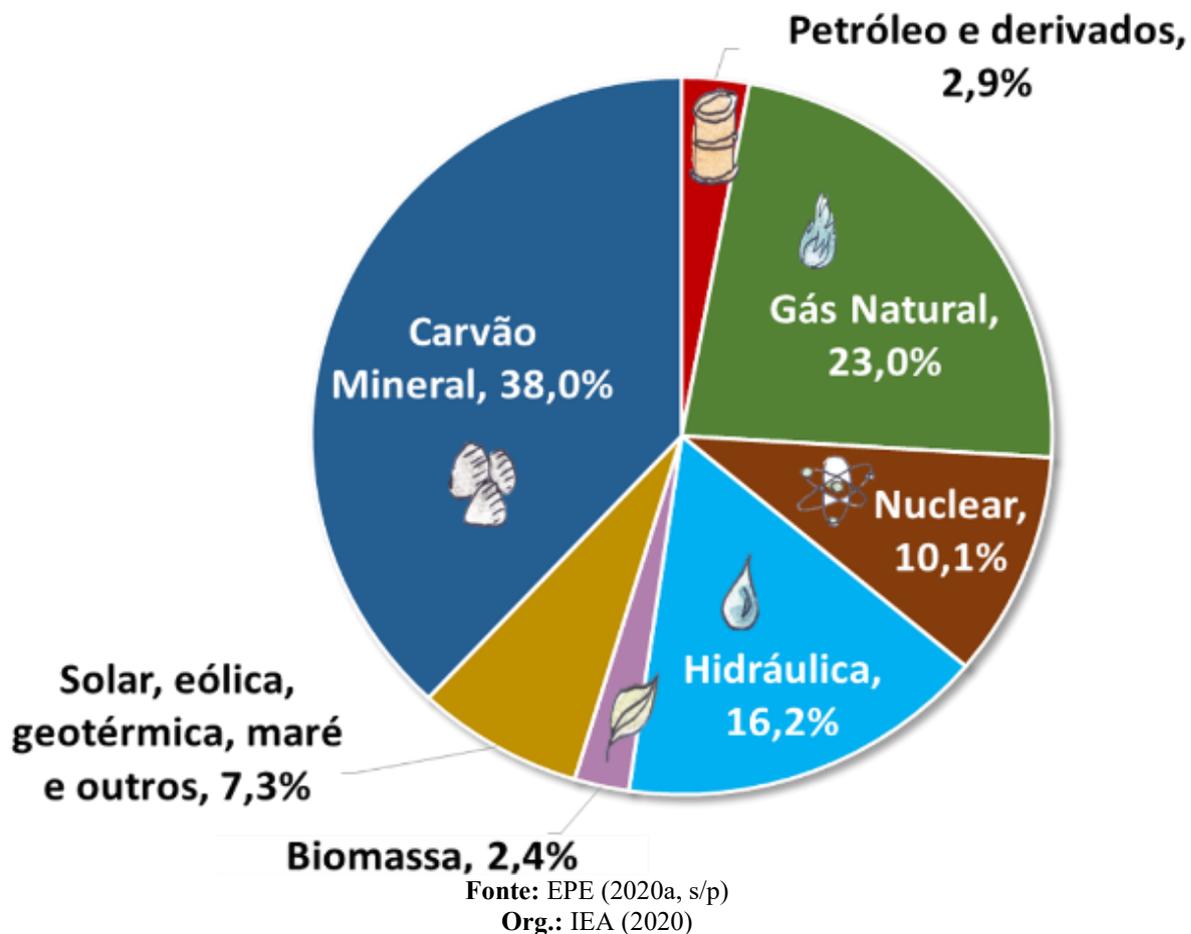
**Obs.:** existem outros exemplares além do descrito acima.

Além disso, variados desconfortos diante a falta de compatibilidade exigem a compra de adaptadores possivelmente importados, onerando ainda mais um segmento que já é considerado alto e ainda possam ser encontradas diferenças de tensão e voltagem de cada *plug-in*. Conforme apresentado em exemplares de postos de carregamento na discussão de mobilidade urbana (Figura 12 e 13), já é possível observar, no Brasil e mais especificamente no interior de São Paulo, consumidores que não tem veículos das marcas Volkswagen e Audi, terão certa adversidade ao necessitar de energia elétrica para prosseguir sua viagem.

Comparativamente ao mundo (Gráfico 02 e 03), o Brasil tem uma matriz elétrica constituída principalmente por fontes renováveis. Segundo dados apresentados no World Energy Outlook (IEA, 2020) e pelo Balanço Energético Nacional de 2020 (EPE, 2020a), a geração de energia elétrica no mundo é baseada, principalmente, em combustíveis fósseis como carvão, óleo e gás natural, além de termelétricas, enquanto no Brasil grande parte da energia elétrica gerada vem de usinas hidrelétricas.

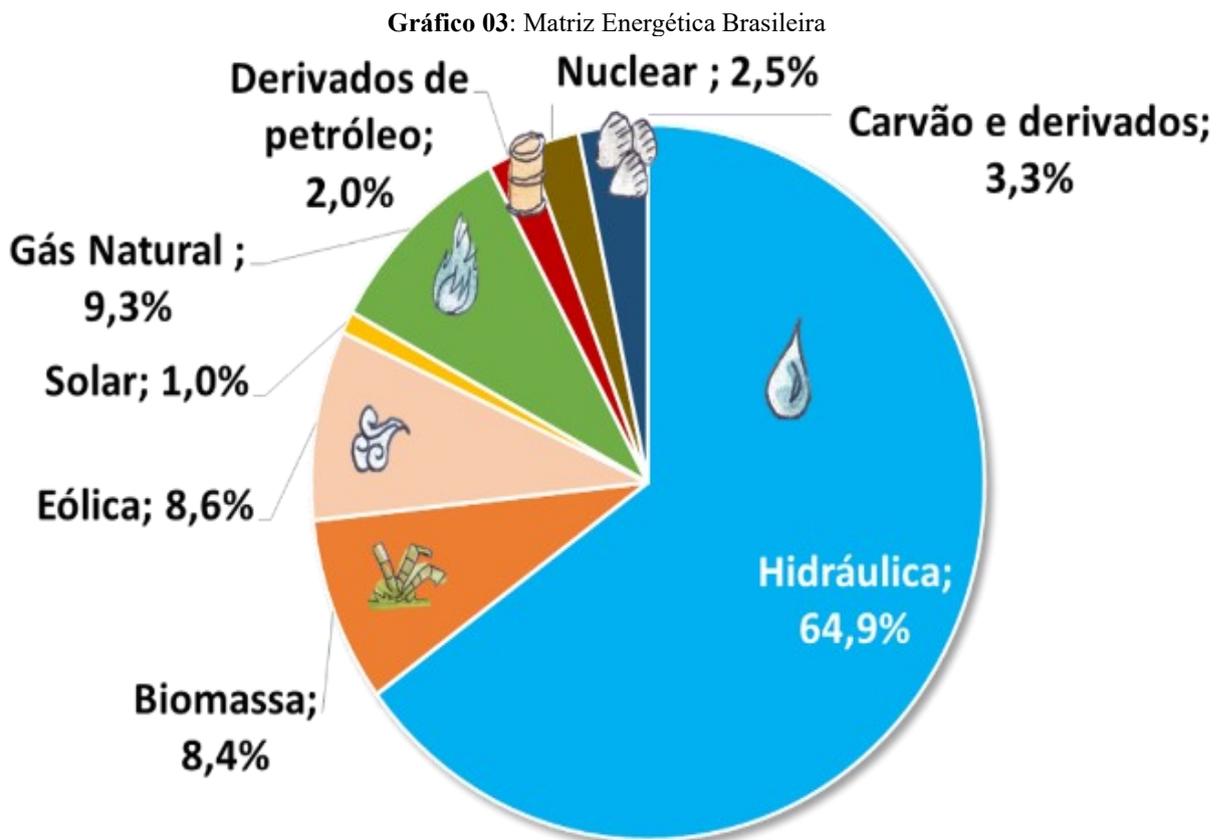
A energia eólica, e mais recentemente a energia solar, vem crescendo significativamente e em 2019, a participação das fontes renováveis na matriz elétrica<sup>1</sup> nacional atingiu 83,0% (EPE, 2020a). Os gráficos abaixo descrevem a fonte geradora e o respectivo percentual de participação.

Gráfico 02: Matriz Energética Mundial de 2018



---

<sup>1</sup> a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica.



Fonte: EPE (2020a, s/p)  
Org.: BEN (2020)

A partir das ilustrações acima, nota-se que o Brasil tem alto percentual de geração de energia limpa. A hidroelétrica, considerada uma das fontes mais limpas de energia, quando em operação, ocupa percentualmente a maior parcela da produção de energia. No entanto, essa posição pode ser comprometida diante de quadro de adversidades climáticas, como vivenciado ao longo período de estiagem em 2014, picos de demanda elétrica, problemas nas redes de transmissão e distribuição, que podem vir a se constituir em barreiras ao abastecimento de VEs e, obviamente a outros setores consumidores (CHIARADIA, 2015).

Ressalta-se ainda que, em 2021, o cenário climático remete a mesma problemática assistida no período de estiagem em 2014, atribuída ao crescente desmatamento das florestas nativas, que é consenso geral dos grupos de estudiosos do assunto.

Adicionalmente, há ainda um vasto potencial para instalação de hidroelétricas, localizada principalmente na região Norte, todavia restrições ambientais dificultarão a implantação de novas unidades produtoras; a esse potencial existem ainda as usinas de pequeno e médio porte que poderão ser instaladas em várias regiões do país (EPE, 2020b).

Por outro lado, vem crescendo a instalação de parques eólicos e fotovoltaicos, principalmente na região nordeste do Brasil, com a finalidade, em parte, de compensar a

deficiência na geração de energia proveniente das hidroelétricas. A geração eólica atingiu 56 TWh, com um crescimento de 15,5% em 2019 sobre 2018. A potência eólica alcançou 15.378 MW, expansão de 6,9%. (EPE, 2020a).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020c, p. 7) baseado no Anuário Estatístico de Energia Elétrica “No que diz respeito à eletricidade gerada, no ano de 2019 foram produzidos 626 TWh, correspondendo a um crescimento de 4,1% entre 2018 e 2019, com as maiores altas percentuais na geração solar (+92,1%) e eólica (+15,5%)”. Como potencial futuro e ainda não totalmente dimensionado, estão as instalações de pequeno e médio porte de painéis fotovoltaicos em parques geradores, edificações industriais, comerciais e residenciais, por vezes denominada como autogeração, micro e minigeração.

Conforme apontado pela Portalsolar (2019), a previsão é de que dos 174 mil sistemas fotovoltaicos ligados à rede de distribuição (*on-grid*) em 2020 existirão 887 mil sistemas em 2024, o que demonstra o forte potencial do setor de crescimento desta fonte geradora de energia.

Strangueto (2018 p. 10) comenta que, “Apesar dessa necessidade de redução de custo, a utilização da energia solar fotovoltaica se torna cada vez mais interessante, tanto pela evolução de suas eficiências, como pela redução dos custos de fabricação e ganhos de escala” e, na atualidade, o objetivo maior destas unidades é reduzir o custo de aquisição de energia através de uma troca direta com as concessionárias.

Como o material utilizado para fabricação dos variados tipos de células fotovoltaicas é o silício, um dos minerais mais abundantes na crosta terrestre, a energia obtida de maneira natural e continua pela conversão da radiação solar fomenta e embasa simulações que ilustram positivamente a instalação de um sistema fotovoltaico no território brasileiro (STRANGUETO, 2018).

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 presente em Brasil (2017, p. 221),

Dentre as tecnologias de geração distribuída de pequeno porte, destaca-se a baseada no aproveitamento solar fotovoltaico. Essa tecnologia se apresenta com maior potencial de penetração no horizonte decenal, em razão da sua modularidade e custo decrescente. Adicionalmente, é considerada no Plano a contribuição de sistemas a biogás de pequeno porte. Em 2026, estimam-se cerca de 770 mil adotantes de sistemas fotovoltaicos sob o regime da REN 482, totalizando 3,3 GWp, suficiente para atender 0,6% do consumo total nacional

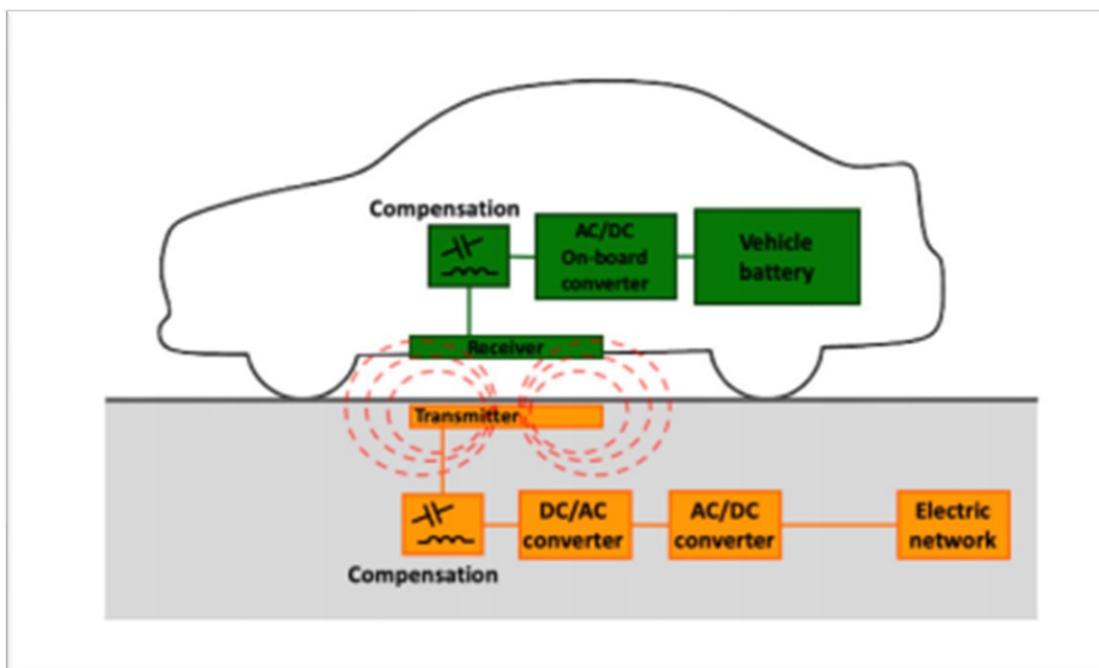
Diante disso, é possível já observar simulações de proprietários que aderiram essa tecnologia, tendo como resultado: a possibilidade de abastecer os VEs e edificações e

eventualmente revender a energia elétrica a rede de distribuição, desde que exista correto dimensionamento dos equipamentos, gerenciamento eficaz da energia gerada pelo painel fotovoltaico e preços compensatórios para revenda (HENRIQUE e DANTAS, 2016).

Uma alternativa presente no exterior, ilustra estudos avançados sobre a tecnologia e infraestrutura *Dynamic Wireless Power Transfer* (DWPT) em autoestradas apontam, no contexto atual, comparativos de custos e ganhos diante de sua instalação e promoção dos veículos elétricos no geral. Nesse caso, avaliado em países europeus, entre eles: França, o Reino Unido, Espanha, Polônia, Itália, o estudo permitiu explorar se os diferentes resultados com base no ponto de vista ambiental, com vistas a instalação dessa infraestrutura (LAZZERONI, CIRIMELE e CANOVA, 2020). Situação que se difere da nossa infraestrutura rodoviária, que mereceria uma análise aprofundada e que não é o objeto desta pesquisa.

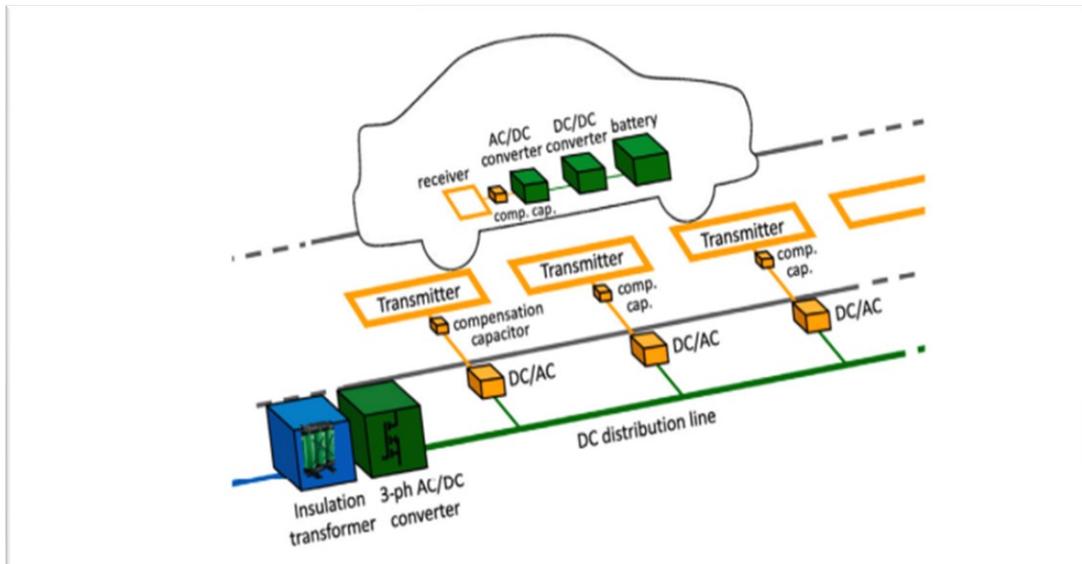
Essa alternativa de carregamento demonstrada na figura (05-06), conforme Lazzeroni, Cirimele, e Canova (2020, p. 2) “DWPT is based on the magnetic coupling between coils installed under the ground level, called the transmitters, and a coil mounted under the vehicle floor, called the receiver, connected to the vehicle battery by means of a power electronics converter”. Dessa maneira a necessidade de parada para carregamento de veículos em estradas seria descartada, aumentando assim autonomia atual, além de reduzir o tempo de carregamento (LAZZERONI, CIRIMELE e CANOVA, 2020).

**Figura 05:** Ilustração prática do carregamento Wireless e componentes do sistema DWPT.



Fonte: Lazzeroni, Cirimele e Canova (2020, p. 13).

**Figura 06:** Ilustração prática do Sistema de carregamento com sua devida infraestrutura elétrica do sistema estudado.



Fonte: Lazzeroni, Cirimele e Canova (2020, p. 14).

Questionamentos, diante das centrais elétricas distribuidoras de energia no continente europeu entrariam em conflito com o DWPT, uma vez que, dada a situação acima, a instalação de postos de recarga ao longo das autoestradas poderia sobrecarregar todo o sistema elétrico que nesse caso, utilizam muitas fontes poluidoras. É ressaltado que o efeito poluente provocado pelos veículos e rede de distribuição elétrica geraria um conflito resultante de possíveis reduções dos custos ligados a poluição do ar e emissões adicionais das fontes energéticas poluidoras. Dessa maneira, cabe as pesquisas científicas analisarem a balança de impacto social em termos de: doenças respiratórias, custo de hospitalizações com relação aos gastos resultantes da fonte energética e analisarmos os ganhos para saúde humana e o ambiente (LAZZERONI, CIRIMELE, e CANOVA, 2020).

Se considerável para realidade brasileira, a construção adicional de uma via para esse carregamento não acarretaria um retardo veicular, uma vez que os carros de comum combustão manteriam sua rota convencional. Conforme demonstrado na figura (07), essa via alternativa, terá como diferencial o incentivo de VEs nas estradas.

**Figura 07:** Exemplificação real do projeto



**Fonte:** Lazzeroni, Cirimele e Canova (2020, p. 14).

Nesse sentido, os problemas de autonomia dos VEs seriam “resolvidos” ademais a exclusividade de uma rota que indiretamente beneficia esse segmento. Por último, assim como utilizado em muitos telefones moveis nas estradas, a fonte de carregamento voltaica também serviria como proposta futura de incremento a esse sistema.

## 2.5 PERSPECTIVAS PARA SAÚDE

Os dois fatores principais relacionados à saúde influenciados pelos VEs são a poluição do ar e a poluição sonora.

Como o número de VEs em circulação é relativamente pequeno, existe número reduzido de dados relacionando diretamente esses com a saúde. A maioria das informações são relativas aos efeitos da poluição atmosférica, que induz, principalmente, doenças respiratórias, cardiovasculares e neoplasias, além de decréscimo no sistema imunológico do indivíduo, tornando-o mais susceptível às infecções agudas (SANTOS et al., 2019).

A Tabela (02) mostra os principais poluentes, fontes e atuação no sistema respiratório, conforme Santos et al. (2019, p. 10):

**Tabela 02:** Principais problemas de saúde ocasionadas por poluentes de automóveis.

Poluentes	Fontes	Penetração no sistema respiratório	Fisiopatologia
PTS MP 1.0 MP 2.5 MP 0.1	Fontes antropogênicas: poeira da rua e de estradas, atividade agrícola e de construções. Fontes naturais: sal marinho, pólen, esporos, fungos e cinzas vulcânicas	Nariz, garganta	Diminui a atividade mucociliar e dos macrófagos. Produz irritação nas vias respiratórias. Causa estresse oxidativo e, em consequência, inflamação pulmonar e sistêmica. Exposição crônica produz remodelamento brônquico e DPOC. Pode ser cancerígeno.
	Queima de combustíveis fósseis e de biomassa, usinas termoeletricas	Alvéolos Alvéolos, tecido pulmonar, corrente sanguínea	
	Não é emitido diretamente na atmosfera. Sua formação ocorre através de reações químicas complexas entre compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NOx) na presença de luz solar.		
O <sub>3</sub>	A luz solar e a temperatura estimulam tais reações, de tal forma que em dias ensolarados e quentes, ocorrem picos de concentração de ozônio. As fontes de emissões de COVs e NOx são veículos, indústrias químicas, lavanderias e atividades que usam solventes	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos	
NO <sub>x</sub> NO <sub>2</sub>	Fontes antropogênicas: indústrias de ácido nítrico e sulfúrico e de motores de combustão (principal fonte), queima de combustíveis em altas temperaturas, em usinas térmicas que utilizam gás ou incinerações. Fontes naturais: descargas elétricas na atmosfera.	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório inferior. Aumenta a reatividade brônquica e a suscetibilidade às infecções e aos alérgenos. É considerado um bom marcador da poluição veicular.
SO <sub>2</sub>	Fontes antropogênicas: refinarias de petróleo, veículos a diesel, fornos, metalurgia e fabricação de papel. Fontes naturais: atividade vulcânica.	Vias aéreas superiores, traqueia, brônquios, bronquíolos	
CO	Fontes antropogênicas: queimadas florestais, combustão incompleta de combustíveis fósseis ou outros materiais orgânicos e transportes rodoviários. O setor que mais contribui para as emissões desse poluente são as áreas urbanas com tráfego intenso. Fontes naturais:	Alvéolos, corrente sanguínea	União com a hemoglobina, interferindo no transporte de oxigênio. Provoca cefaleia, náuseas e tontura. Tem efeito deletério sobre o feto. Está associado com recém-nascidos de baixo peso e morte fetal.

erupções vulcânicas e decomposição da clorofila.

**Fonte:** Santos et al. (2019, p. 10)  
**Org.:** FERNANDES, L. S. M., 2021.

Obviamente, as fontes de poluentes atmosféricos variam conforme a região e/ou localidade. De modo geral, o setor de transporte responde por uma parcela significativa principalmente nas grandes cidades, que concentram a maioria da população e, portanto, sofrem maior impacto.

Por exemplo, na Região Metropolitana de São Paulo, no ano de 2019, o setor de transporte, inclusos os veículos pequenos e comerciais leves, caminhões, ônibus e motocicletas, responde majoritariamente pelas emissões, nas seguintes proporções CO - 96,76%, HC - 75,30%, NO<sub>x</sub> - 63,92%, MP10 - 40,00% e SOX - 16,70% (CETESB, 2019).

Além dos efeitos diretos dos poluentes, são relatados os efeitos indiretos nas mudanças climáticas e em eventos extremos, conforme salientado por Requia (2018). Dentre eles destacam-se na Tabela (03):

**Tabela 03:** Contribuição de trabalhos e pesquisas acadêmicas sobre os efeitos dos poluentes.

Autor	Contribuição
Bell et al., (2014 apud REQUIA, 2018)	Relata que o particulado fino (PM <sub>2.5</sub> ) gerado pelo setor de transporte em cidades dos Estados Unidos ( <i>Connecticut and Massachusetts</i> ) está associada com aumento de 2,1% e 3,5% nas internações cardiovasculares e doenças respiratórias, respectivamente.
Dear et al., (2005 apud REQUIA, 2018)	O efeito indireto da emissão dos GEE é caracterizado pelo aumento de 50% no número de mortes no continente europeu no verão de 2004 devido a uma forte de calor e exposição O <sub>3</sub>
Jacobson et al., 2005 apud REQUIA, 2018)	Entre 3.700 e 6.400 vidas poderiam ser salvas se os VEs fossem carregados a partir de fontes renováveis
Kheirbek et al., 2016, apud REQUIA, 2018)	Na cidade de Nova York, em virtude da exposição da partícula PM <sub>2.5</sub> emitida por veículos e recursos móveis, 320 vidas, aproximadamente são perdidas anualmente.

**Fonte:** Requia (2018), Adaptado.  
**Org.:** FERNANDES, L. S. M., 2021.

A Avaliação dos benefícios à saúde pela substituição da frota de veículos a combustão pela elétrica é apresentado no estudo de Choma et al. (2020). Para melhor exemplificação de suas contribuições, de acordo com ele:

(a) os resultados apontam impactos econômicos favoráveis aos VEs leves (passageiros), quando circulando em grandes áreas metropolitanas (MSAs) nos Estados Unidos e com base nos custos com saúde, principalmente, decorrentes dos problemas gerados pela emissão da

matéria particulada fina (sigla PM<sub>2.5</sub> em inglês), SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, e compostos orgânicos voláteis dos veículos e das plantas de geração elétrica (CHOMA et al., 2020).

(b) que os ganhos econômicos seriam positivos, embora em menor escala, quando se utilizam veículos novos, que possuem padrão de emissão mais restritivo (CHOMA et al., 2020).

(c) que a mudança de motorização urbana resultaria em uma redução expressiva da mortalidade atribuída a poluição do ar no curto prazo (CHOMA et al., 2020).

(d) que existem ganhos também quanto principal fonte energética utiliza combustível fóssil para geração de energia (CHOMA et al., 2020).

Como conclusão quantitativa e para a realidade das grandes regiões metropolitanas americanas, Choma et al. (2020, p. 9) expõe que “Air pollution benefits alone result in mean benefits of \$8600 per 150,000 miles, or \$6900 if discounted at 3%/year over a 15-year vehicle lifetime, figures comparable to the federal tax incentive of up to \$7500”.

Se somando ao exposto acima, Lazzeroni, Cirimele, & Canova (2020, p. 5) afirmam que,

*The externalities due to the polluting substances emitted by the power plants and the private transports, are costs that are typically not incurred by the owners of the power plants or the owners of the ICE vehicles, but they are spread over the entire population. Consequently, the present level of air quality in urban areas is having serious and relevant impact on the public spending. In fact, the pollutant emissions in populated areas has a social impact in terms of increased costs due to respiratory hospital admissions, cases of chronic bronchitis, cancer, etc.*

Assim, por mais que se trate de realidades e contextos socioeconômicos diversos da realidade brasileira, explorar a aplicação desses estudos e pesquisas em outras regiões significa muito para o futuro do VEs, uma vez que a maior parte dos estudos nessa área estão concentrados nos Estados Unidos e/ou na China. A variação espacial destoa drasticamente nos resultados se levar em consideração padrões de consumo, fonte energética por exemplo. Países como Brasil podem estar em condições extremamente favoráveis, mas a pouca literatura que se tem sobre seu impacto na saúde gera uma grande incerteza da inserção do VEs de maneira expressiva. (REQUIA et al., 2018)

A comparação de dados e resultados fornecerá uma base sólida para o Estado, ou nações tomarem suas decisões frente ao VEs, principalmente em um quesito tão importante para todos os contextos e classes sociais, a saúde humana. Com relação aos ganhos sonoros, o VE não emite ruído característico como de um automóvel comum.

De acordo com a Associação Nacional de Medicina do Trabalho (2018, s/p),

A exposição diária aos ruídos favorece problemas mais graves. O processo altera a respiração e ritmo dos batimentos cardíacos, levando ao aparecimento de doenças cardiorrespiratórias — incluindo infartos. Com toda essa pressão, os músculos passam a se contrair e liberar substâncias inflamatórias na corrente sanguínea, que podem atingir todos os órgãos.

Como no Brasil há o Sistema Universal de Saúde Pública, o gasto total diante essas enfermidades diretas e indiretas poderia ser evitado em um cenário absoluto de VEs.

A *Nissan* mensurou e comparou os níveis de som de uma rua urbana padrão com veículos movidos a combustão e VEs; a pressão sonora atingiu pico superior a 90 dB e 21 dB, respectivamente. Essa diferença nítida proporcionou uma reflexão sobre o quanto a substituição da frota iria impactar até nas relações sociais que ali são exercidas. Com o baixo e quase imperceptível ruído proporcionado pelos VEs, um músico de rua por exemplo, poderia se apresentar sem quaisquer interferências sonoras do tráfego veicular. (RATINAUD; CHOW, 2019)

No entanto, estudo efetuado sob diretrizes europeias, revela para velocidades de aproximadamente 50 km/h em veículos leves, os benefícios são baixos ou não significantes devido à contribuição dominante do ruído dos pneus sobre a faixa de rolamento. Em áreas abertas e trafegando a velocidade de 30 km/h e sem veículos pesados, a redução estimada do nível de pressão sonora é de 2 dB (CAMPELLO-VICENTE et al., 2017).

Não somente sobre a saúde pública, a poluição sonora impacta também o mercado imobiliário. No estudo foi encontrada uma clara relação inversamente proporcional entre o valor do imóvel e a poluição sonora em uma avenida de trânsito rápido em Maringá (PR), fenômeno este que se repete na maioria das regiões metropolitanas e grandes cidades, como os prédios próximos ao viaduto Via Elevado Presidente João Goulart, popularmente conhecido como “minhocão”. Ocorre de fato uma desvalorização imobiliária em decorrência da poluição sonora (TEIXEIRA; SOARES; SAMED, 2019).

## 2.6 PERSPECTIVAS SOBRE AS POLÍTICAS DE INCENTIVOS

Vários países europeus, asiáticos e norte-americanos adotam políticas de incentivo objetivando a adoção de VEs, impulsionados em grande medida pelo tema ambiental. Essa postura demonstra a importância dessa inovação, entre outros fatores, para a redução na emissão de dióxido de carbono, sendo uma das vias para um mundo menos poluído.

Na atualidade e de modo geral, o custo de aquisição ou preço dos VEs é maior que os

similares movidos à combustão e esta diferença é compensada financeiramente pela redução de impostos, preços diferenciados (subsidiados) para aquisição de energia elétrica, entre outros mecanismos.

De certa forma, essa diferença de valor entre os dois tipos de veículos, equivale ao custo previsto para Estado como compensação pelos problemas gerados ao meio ambiente pelo atual sistema de transporte, como por exemplo: eventos climáticos extremos, readequação de culturas agrícolas e saúde pública.

Os resultados de políticas de incentivo norueguesas são reportados por Klöckner (2012, p.33) revelam que,

*In August 2012 Norway had the highest number of electric cars per capita (2.75%) and the highest percentage of electric cars among all passenger cars. In September 2012, 5.2% of all new cars sold in Norway were electric cars, an incremental increase of 143% over the same month in 2011. In some urban areas electric cars were the most widely purchased cars in 2012.*

No exemplo acima, fica claro que incentivos repercutem a curto prazo de maneira positiva na escolha dos VEs. Contudo, questões relativas ao tempo de duração dos incentivos necessário para que os VEs sejam competitivos e atrativos a todos os entes envolvidos, já são recorrentes em inúmeras pesquisas.

Essas questões variam quanto a natureza e intensidade, mas afetam uma ampla gama de países, inclusive as maiores economias globais. A seguir, segue avaliação para o cenário chinês recentemente efetuada por Kong et al. (2020, p. 10) que em conformidade ao exposto acima relata que,

*Purchase subsidy for consumers plays a vital role in the market diffusion of electric vehicles. Its elimination places electric vehicles at a cost disadvantage in market competition, causing a sharp decline of 40.39% [...] Without the government's financial support, the life cycle cost of electric vehicles will rise, leading to a sharp decline in consumers' willingness to buy. Therefore, the government's decision to cancel the purchase subsidy at the critical stage of the rapid development of electric vehicles is not optimal.*

Dessa maneira, pode-se dizer que um aspecto importante para o contínuo apoio à aquisição de VEs é a manutenção dos incentivos pois além de estimular o consumo, isto fomenta nos segmentos produtivos a busca por um maior nível tecnológico, produtividade e pesquisa de soluções inovadoras, que em um futuro próximo tragam ganhos adicionais a sociedade como um todo.

Estabelecer um diálogo entre o público e o privado no sentido de não gerar crises nem impactos econômicos para o término de subsídios também são propostos pertinentes para

continuidade de pesquisas e investimentos objetivando aprimorar o segmento elétrico (KONG et al. 2020).

Ainda dentro do contexto acima, estudos com incentivos direcionados a certos públicos também podem proporcionar cenários positivos para a aquisição de VEs. No cenário estadunidense, de acordo com a avaliação de Sheldon (2019, p. 3),

*Policymakers could target subsidies toward low-income individuals if the aim is to maximize PEV market share. Alternatively, if their goal is to minimize gasoline consumption, policymakers might target subsidies toward individuals who dispose of a large conventional vehicle, who reside in rural or farming areas, or who drive more than 2000 miles per month.*

Outro aspect levantado por Sheldon (2019, p. 22) sustenta que, “*Not only are targeted subsidies more cost effective, but they may be politically palatable due to their progressive nature*”. Em outras palavras, alguns incentivos direcionados não seriam os mais economicamente viáveis, no entanto, politicamente, sua adoção seria mais aceita pelo público, devido ao fato de terem uma natureza progressiva, como o exemplo ressaltado de pessoas com menores rendas familiares receberem maiores subsídios.

Em outro contexto, a pesquisa efetuada no Canadá por Melton e Axsen (2020, p. 12) comenta que dentre variados tipos de incentivos, três deles resultam em,

*First, high value (and long duration) financial incentives are relatively simple to implement but come at a high (direct) cost to government. Second, a strong ZEV mandate provides the highest certainty of sales effectiveness and a strong transformational signal at little (direct) cost to government, though it is more complex to administer. Finally, a strong vehicle emissions standard is likely simpler to implement than a ZEV mandate because it builds on existing policy in many jurisdictions, but the impact on PEV market share is uncertain due to the variety of compliance options available to automakers.*

Nesse ambiente e dada as circunstâncias e prioridades de cada governo, procura-se também estimular experiências com menor participação econômica governamental. Nessa linha, a ação política se voltaria para restrições legais (*Zero-Emissions Vehicle -ZEV*) ou adoção de novos padrões de emissão. Este último levaria os fabricantes a não mais produzir veículos convencionais, migrando para os VEs. Por mais que venham a existir resistências e obstáculos, a administração pública teria como responsabilidade somente o monitoramento e implementação da política e evitaria onerosos gastos durante um longo tempo (MELTON e AXSEN, 2020).

Outro estudo realizado no Canadá referente aos efeitos dos incentivos presentes em suas

províncias entre os períodos de 2012 a 2016, Azarafshar e Vermeulen (2020, p. 11) concluíram que,

*Using monthly sales data on all new EVs sold across the Canadian provinces along with the incentive amounts offered to each EV model in each of the rebating provinces over time, incentive programs appear to have increased EV marketshares by an average of over 5% due to an incentive increase of C\$1000. This corresponds to over 3% increase in EV sales due to an increase in incentives by 1% of a given EV's base price, in the rebating versus non-rebating provinces.*

Por mais que em termos percentuais, não tenha sido verificada uma expressiva mudança no número de veículos elétricos, os incentivos parecem exercer o papel inicial essencial para essa mudança veicular. Acredita-se que uma formulação cuidadosa de descontos para classes sociais específicas potencializaria esses valores (AZARAFSHAR e VERMEULEN, 2020).

Sob o aspecto econômico, isso também encontra justificativa se consideramos que a economia de combustível fóssil para os veículos, convertida em toneladas de CO<sub>2</sub>, representa no estudo um valor aproximado de 60.000 toneladas em um período 10 anos, cujo valor médio de custo para o Estado é calculado em C\$ 480/t. Entretanto, o Estado canadense encontraria diferentes resultados pois calcula em C\$ 30 o custo da tonelada de CO<sub>2</sub> (AZARAFSHAR e VERMEULEN, 2020).

Ao levar em consideração o cálculo de Azarafshar e Vermeulen e sendo o Canadá, de acordo com Raizer (2011, p. 167) “um dos líderes do mundo na produção de hidroenergia, com capacidade instalada de mais de 70. 858 megawatts (MW)”, os valores econômicos para o Estado citados nas pesquisas acima poderiam ser percentualmente “próximos” a realidade brasileira, justificando outros estudos nesta linha de pesquisa de modo a encontrar dados mais concretos.

Baran (2012, p. 88) informa que como os brasileiros historicamente aceitaram inovações automotivas, ao longo de uma “[..] análise de casos passados, mais especificamente os casos dos carros a álcool e bi-combustível (flex-fuel), nos permite inferir quais medidas podem ser efetivas caso se deseje difundir o carro elétrico no Brasil”. Assim, a partir desses dados, podemos dizer que para realidade brasileira, os incentivos aos VEs podem provocar de maneira positiva uma maior adesão.

## 2.7 PLANEJAMENTO E MOBILIDADE URBANA

Atualmente, o cenário brasileiro conta com uma infraestrutura incipiente para VEs em

toda sua extensão. Caso ocorra um grande “boom” de VEs várias diretrizes e direcionamentos contidos no Planejamento Urbano (PU) carecem de novo olhar e atualização em concordância ao exposto adiante.

O conceito de PU expresso por Kalil e Gelpi (2019, p. 11),

Em síntese, planejar implica analisar metas e objetivos postos no futuro; formular alternativas e prever resultados; decidir sucessivamente em diversas fases; escolher ações a serem realizadas num determinado tempo, num determinado espaço, e definir com que meios serão implementadas

Nesse sentido uma tecnologia como os VEs, carece de um planejamento a nível nacional, elencando propostas plausíveis e benéficos no geral a mobilidade, assim como planejar seu processo atual e futuro em território brasileiro.

Baseada na Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) e sob uma ótica positiva para os veículos elétricos, as reflexões acerca de como o PU pode atuar nessa linha de pesquisa, na busca por minimizar futuros gastos e encontrar oportunidades tem como responsabilidades ações governamentais, de modo que, Silva (2021, p. 26) afirma que,

[...]é necessário que haja um documento técnico operacional que venha a orientar os gestores municipais a financiar e investir em sistemas de transportes eficazes e que atenda a obrigatoriedade apresentada na PNMU de elaboração do Plano. Além disso, este documento precisa considerar a visão de planejamento urbano integrada à problemática de emissão dos GEEs devido à supremacia de utilização do transporte individual motorizado.

Para isso, países em desenvolvimento como Brasil, devem buscar experiências internacionais e entender como essa tecnologia se comporta no cotidiano de nações a qual o VEs estão presentes. Também investigar propostas, ideias e aplicações de planos de mobilidade urbana com o propósito de readequá-las a realidade brasileira e não persistir em políticas infrutíferas que cientificamente já foram praticadas em outros países (SILVA, 2021).

Sovaccol et al. (2019, p. 228) afirma que, “*Income, political affiliation, and spatiality (geographic location) are clearly influential factors in explaining why people may embrace, or reject, attempts at decarbonizing transport via electric mobility*” e através desse planejamento direcionado em áreas e setores da economia específicos, que são proporcionados um cenário positivo a adoção dessa tecnologia.

Exemplificando o acima exposto, podem ser criados dentro do PU espaços para instalações carregadoras (eletropostos) nas zonas residenciais, comerciais, avenidas e estradas, assim como uma infraestrutura para atender a atual e futura demanda (LIEBREICH &

MCCRONE, 2016).

Em uma análise sobre o esforço governamental em prol a adoção dos VEs realizado nas estradas que cruzam a Dinamarca, Suécia e Alemanha do Norte a partir do “*EU project GREAT*” e “*Drive Clean*” nos anos de 2017 a 2019, foi realizado um estudo de avaliação e efeito da instalação de 70 carregadores rápidos conforme a Figura (08). Esse projeto visava facilitar o uso dos veículos elétricos a bateria em percursos a longa distância além de promover uma conscientização apresentando as vantagens e rentabilidade atual desses veículos (HAUSTEIN, JENSEN E CHERCHI 2021).

**Figura 08:** Localização dos pontos de recarga da Tesla.



**Fonte:** Haustein, Jensen e Cherchi (2021, p. 3)

Por mais que houve certo aumento dos veículos nos corredores beneficiados pelo projeto e ainda uma intenção maior de compra dos VEs, somente os usuários de uma determinada marca se beneficiavam durante as viagens transfronteiriças, uma vez que os carregadores, os postos de abastecimento elétrico eram acessíveis somente para modelos da Tesla (HAUSTEIN, JENSEN E CHERCHI 2021).

Se levar em conta o estudo dessa rede de carregamentos Tesla e seus meios de cobrança como forma de taxar certos impostos sobre o veículo elétrico e utilizar, conforme Haustein, Jensen e Cherchi (2021, p. 3) “*additional challenges in form of compatibility problems.*” como meio de estimular acordos entre todas as marcas atualmente comercializadoras de VEs a diversificarem o número de eletropostos de acesso universal, além de estrategicamente delimitar quais seriam os melhores pontos para instalação dessa infraestrutura, os resultados

seriam otimizados.

Outra questão frente ao planejamento urbano caracterizada pelos fatores que envolvem a população e o mercado de trabalho, de acordo com Liebreich & McCrone (2016, s/p),

*Electric vehicles have dramatically fewer maintenance needs, as a result of having fewer moving parts – just a few sealed electric motors, steering and suspension assemblies. Hard data are sparse at this early stage in the industry, but it would seem reasonable to expect the main battery to last for at least 70,000 miles, and longer in future. Most system tweaks can be done remotely via software updates, rather than at the hands of a mechanic, and the annual service will be mainly about rotating the tires, replacing the occasional brake pad, and filling the windscreen wiper fluid.*

Esse fato nos indica que há necessidade em realocar uma grande parcela de mão de obra ligada aos setores de prestação de serviços para automóveis. Para isso, pode-se valer da criação cursos profissionalizantes em de áreas de trabalho ligadas as características do veículo elétrico, além de viabilizar possíveis produções nacionais podem minimizar previsões economicamente catastróficas, como Liebreich & McCrone (2016, s/p) afirma que “*As for car retailing, with the economics of dealerships undermined by the near-elimination of maintenance and repair work, the rationale for the classic suburban car dealership is broken*”.

Para VONBUN, (2015, p. 21) também existem custos que podem ser expressivos e impactantes para a “[...]base produtiva e toda a rede de reparos e assistência dos veículos elétricos” por parte das corporações automotivas e isso se deve pelo fato de que suas linhas de montagens, projetos e peças, atualmente estão atendendo um mercado de veículos convencionais. Para essa mudança ou transformação do cenário, o modo com que as fabricas atualmente produzem os seus veículos deverá também ser alterada.

Assim, segundo Zucoloto (2018, p. 17),

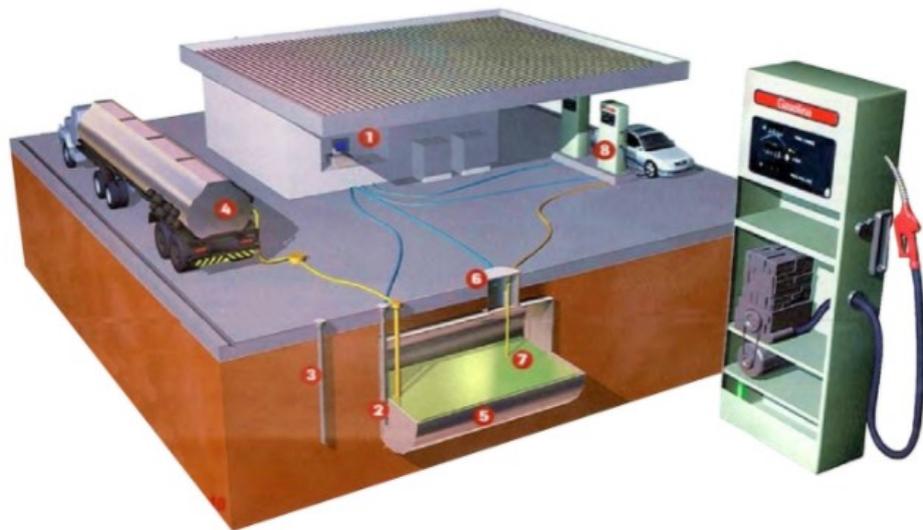
A discussão sobre o impacto social da inovação centra-se nos resultados finais (novos produtos, processos ou serviços), e pouco se observam os efeitos de seus processos produtivos. Há tecnologias que podem piorar as condições de trabalho de quem oferta o produto ou o serviço gerado, ainda que gerem impacto positivo para o consumidor final.

Por mais que os carros elétricos tenham uma menor complexidade mecânica, como afirma CHIARADIA (2010, p. 102) colocando que não há nos veículos eletrificados componentes ligados a “caixa de engrenagens, existe menor quantidade de partes móveis no motor elétrico em relação a um motor de combustão interna, não há necessidade de trocas de óleo, não há bomba de combustível”, existe uma alta necessidade de capacitação técnica, uma vez que veículos a propulsão elétrica necessitam de reparos específicos, por exemplo, em sua

bateria.

O país conta com inúmeros postos de gasolina e se pensarmos em uma adoção expressiva de VEs, quais seriam as propostas, os cuidados ambientais com relação os tanques de armazenamento de combustível, exemplificada na Figura (09), ou os estímulos econômicos para transformar essa antiga infraestrutura em algo potencialmente econômico.

**Figura 09:** Elementos e Estruturas de um posto de gasolina



**Fonte:** QuatroRodas (2017, s/p).

**Obs.:** Elementos: 1- computador central/ 2- nível do tanque/ 3- monitoramento/ 4- chegada do combustível/ 5- tanque subterrâneo/ 6- boca de visita/ 7- tubo pescador/ 8- bombas

Nesse sentido o tanque subterrâneo, as bombas, toda a infraestrutura concreta carece de estudos ambientais, no sentido de quais direcionamentos deveriam ser efetuados para adequação desse local em outro, com outra função social. Adicionalmente das questões citada acima, a queda de consumo de combustível, hoje fortemente tributado, ocasionaria uma mudança no perfil das receitas governamentais oriundas dos combustíveis e de todos os participantes desta cadeia produtiva.

Por fim, vários entes públicos têm forte dependência desses e contam com os recursos advindos dos combustíveis, visto que uma reformulação tributária que compensasse a queda de receitas não será facilmente realizada no país. Para que isso não afete consideravelmente os entes do Estado, encontrar outras receitas ou até futuramente propor um acréscimo tributário sobre o sistema elétrico como já ocorre no exterior com os eletropostos da Tesla (AFONSO e GOBETTI, 2008; LIEBREICH & MCCRONE, 2016).

### 3. RESULTADOS

Reunindo os subtítulos discorridos nos itens anteriores, serão apresentados na sequência desse, dados relacionados ao contexto nacional e que se prestem a comparativos e análises com foco na realidade local.

#### 3.1 DISPONIBILIDADE DE LÍTIO E RECICLAGEM

Há alertas sobre um eventual déficit de Lítio, hoje principal matéria prima utilizada na produção de baterias de equipamentos eletroeletrônicos e veículos elétricos, em diversas publicações técnicas e comerciais, o que poderia inviabilizar a expansão desses segmentos.

A nível global, as reservas minerais de Lítio alcançam aproximadamente 16 milhões de toneladas, distribuídas por país conforme a Tabela (04).

**Tabela 04:** Reservas mundiais e produção de Lítio.

Discriminação	Reservas (10 <sup>3</sup> t)		Produção (t)	
	2017	2016	2017	%
<b>Países</b>				
<b>Brasil</b>	54	440	553	1,3
<b>Austrália</b>	2.700	14.000	18.700	43,2
<b>Chile</b>	7.500	14.300	14.100	32,6
<b>Argentina</b>	2.000	5.800	5.500	12,7
<b>China</b>	3.200	1.000	3.000	6,9
<b>Zimbábue</b>	23	400	1.000	2,4
<b>Portugal</b>	60	Nd	400	0,9
<b>EUA</b>	35	Nd	Nd	Nd
<b>Bolívia</b>	Nd	Nd	Nd	Nd
<b>TOTAL</b>	15.572	38.240	43.253	100

**Fonte:** ANM/SRDM; USGS-Mineral Commodity Summaries 2018.

**Org.:** FERNANDES, L. S. M., 2021

**Obs.:** nd (sem informações concretas).

Verifica-se que há uma grande expressividade de reservas minerais do metal na América do Sul (Tabela 04) e essas podem ainda ser maiores se consideradas as reservas bolivianas, não citadas na tabela. Esta última tem seus valores contestados e/ou não certificados pairando

dúvidas sobre os valores reais; no entanto, a maioria dos estudiosos acreditam que montante é muito superior as reservas conhecidas.

Não obstante, a crescente demanda tem impulsionado pesquisas geológicas e resultado em novas descobertas, conforme conclui Garcia (2018) que aponta um crescimento de 7,6% nas reservas minerais 2017/2016. Paralelamente, na página 01 do seu trabalho, o mesmo autor (Garcia, 2018) relata com relação à produção que, “[...] entre os países que divulgaram seus dados, foi incrementada em expressivos 13,1% no período, atingindo 43.253 t de  $\text{Li}_2\text{O}$  em 2017.”

Segundo Garcia (2018, p. 1) “No Brasil, as reservas lavráveis permaneceram estáveis em 54 mil t de  $\text{Li}_2\text{O}$  contido em 2017 (0,3% do total divulgado mundialmente)”. Um número comparativamente baixo em relação aos demais produtores apresentados na tabela anterior. Entretanto as informações disponibilizadas pelo Latin Resources (2020) demonstram que o vale do Jequitinhonha, conforme a Figura (10), até o momento, contém cerca de 100% das reservas oficiais de lítio do Brasil pouco exploradas. Além de pequenas ocorrências de lítio em pegmatito na região nordeste do país.

**Figura 10:** Jazidas de lítio na região do Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais



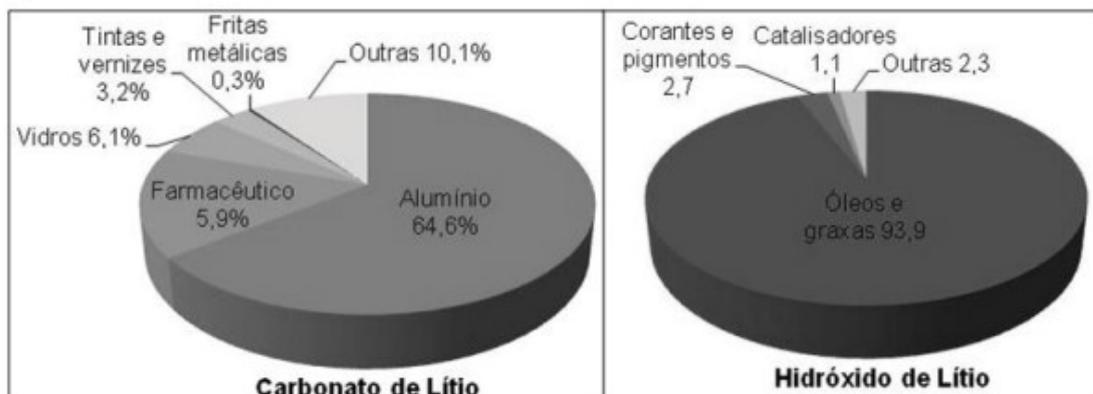
Fonte: Latin Resources (2020, s/p)

No Sumário Mineral 2018, no capítulo sobre o Lítio, Garcia (2018, p. 2) afirma que “em

2017 permaneceu no Brasil o perfil convencional de utilização nas indústrias de graxas e lubrificantes (cerca de 80% do consumo em LCE), com usos secundários nas indústrias metalúrgica (alumínio primário), cerâmica e nuclear.” Até a data de publicação desses dados o país não contava com expressivos produtores de baterias elétricas a base de Lítio, somente em 2020, a montadora chinesa BYD iniciou a produzir baterias de Lítio no Brasil, sendo sua fabricação voltada em ônibus elétricos.

Se observarmos o panorama a seguir ilustrado na Figura (11), podemos constatar que desde 2010 não houve mudanças expressivas no padrão de consumo interno do Lítio e não se criaram aplicações eletroquímicas expressivas ao contrário de nações europeias e norte americanas. A maior parte destinada ao hidróxido de lítio e seus outros derivados perpassam caminhos distintos da tecnologia veicular elétrica. Por mais que existam projetos de implementação e investimento na área, desde 2010, pouco se tem evoluído nesse quesito.

**Figura 11:** Panorama setorial da utilização do carbonato e hidróxido de lítio



Fonte: Braga, França e Santos (2010, p. 244)

A maior parte das baterias possuem vários tipos compostos e materiais misturados em cada célula e partir disso se diferem nos métodos de reciclagem de acordo com seu respectivo padrão de fabricação. Derivados, quase que de maneira majoritária, do processo hidro metalúrgico, o processo de reciclagem encontra o seu maior mercado de reutilização de baterias (íons-lítio) na China com a presença de mais de 30 empresas com atuação na recuperação até de resíduos de produção (MELIN, 2019).

Segundo Melin (2019, p. 14), o processo de reciclagem é tão importante que,

*Several of the large lithium producers also have, or plan to, invest in recycling facilities and use recycled materials in their products. The competition for batteries to recycle is very high, which also means that prices are higher than anywhere else. In principle, all types of cells, including LFP, have positive values in China – the*

*recyclers pay to get hold of the material.*

Já foram definidas diferentes aplicações e usos para a reutilização das baterias, contudo diante principalmente dos mais baixos volumes de circulação no mercado, regiões na Europa, até por posicionamento de mercado, comercializam a chamada “massa negra” ou química, que similarmente serve como um composto base que carece de um processamento adicional para reutilização em novas baterias e/ou aplicações diversas (MERLIN, 2019).

No Brasil, por apresentar um volume ainda menor de lítio no mercado não há uma regulamentação especificada ao descarte e reciclagem do lítio, e por sua vez que segundo Mansur, Miranda e Santos (2018, p. 19)

No Brasil, a regulamentação nacional para pilhas e baterias teve início com a criação da primeira lei dedicada ao uso consciente de pilhas e baterias no Brasil, a Resolução CONAMA nº 257, de 22/07/1999, que determinou a exigência de reciclagem, reutilização, tratamento ou disposição final adequada de pilhas e baterias contendo chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos (Art. 2º). Essa mesma lei responsabilizou fabricantes e importadores de tratar e/ou armazenar corretamente as pilhas e baterias que retornem, através dos usuários, para os estabelecimentos comerciais

Por mais que tenha ocorrido uma resolução em 4 de novembro de 2008 a partir do CONAMA nº 401, as atribuições e competências ainda não foram atualizadas, uma vez que o uso mais expressivo do lítio se iniciou em 2009. Também fora assinado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) um acordo a ABRABAT, em 2019, o fomento a uma implementação de logística reversa de baterias automotivas de chumbo, mas sem informações sobre o lítio.

No Brasil em virtude dos dados disponibilizados pela Associação Brasileira do Veículos Elétricos (ABVE), desde 2012 tem presenciado um aumento expressivo na comercialização de veículos elétricos desde 2019 (Tabela 05) e como as baterias de lítio presente nos automóveis tem um certo ciclo de vida relativamente curto, cerca de 10 anos, a curto prazo e até o momento, serão mais de 40 mil baterias sem destinação legal.

**Tabela 05:** Vendas e/ou emplacamentos de veículos elétricos (VEs) no Brasil – 2012 a fevereiro de 2021.

Meses Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
2012	9	16	7	3	13	23	5	3	2	2	18	16	117
2013	45	22	53	50	12	29	45	45	23	39	52	56	491
2014	93	61	65	53	94	52	79	79	71	53	87	86	855
2015	72	56	61	73	72	74	100	100	82	55	65	62	846
2016	58	64	60	137	41	91	59	59	79	93	159	202	1.091
2017	178	157	227	176	208	238	627	627	384	243	240	350	3.296
2018	272	254	367	367	302	382	262	262	286	405	374	437	3.970

<b>2019</b>	370	287	336	290	357	716	867	867	1.264	1.989	2.013	2.409	11.858
<b>2020</b>	1.568	2.053	1.570	442	601	1.334	1.943	1.943	2.113	2.273	2.231	1.949	19.745
<b>2021</b>	1.321	1.389											2.710
<b>TOTAL</b>													44.979

**Fonte:** Anfavea/RENAVAM; Compilação: ABVE

**Org.:** FERNANDES, L. S. M., 2021.

**Obs.:** Foram considerados todos os tipos de veículos com motor eletrificado

Por mais que uma frota eletrificada de 41 mil veículos em 2020 represente um valor inferior a 1% da frota total de automóveis e comerciais leves, os dados apresentados para o ano 2020 expressaram um aumento médio de 500% de VEs comercializados em relação a 2018. Além disso, empecilho proporcionado pela Pandemia Global que açoita o território brasileiro e prejudicou de maneira expressiva o mercado automotivo não contribuiu para um decréscimo expressivo de vendas e emplacamentos dos VEs.

Interessante ressaltar que de acordo com o Renavam-Ministério Infraestrutura/ABVE (2020), o mercado de eletro mobilidade no Brasil contou principalmente com 6850 veículos comercializados em São Paulo, 1616 em Minas Gerais, 1307 em Santa Catarina, 1215 no Paraná e 1159 no Rio de Janeiro. Além de expressivos, representam vendas maiores que muitos veículos tradicionais em território brasileiro e futuramente a bateria dessas unidades carecerão de uma disposição final adequada.

### 3.2 QUESTÃO ENERGÉTICA BRASILEIRA

Em discussão a um fomento de pesquisas mais apuradas de cunho quantitativo para conclusões mais concretas sobre o sistema elétrico brasileiro, aborda-se ne nesse subtítulo a capacidade do sistema elétrico brasileiro em suprir uma larga frota eletrificada e também a capacidade de atender às diferentes regiões brasileiras com níveis de consumo distintos, assim como reiterar as energias alternativas descritas no desenvolvimento da pesquisa.

Dentre as diversas publicações científicas sobre o assunto destacam-se Lima (2012), Arioli (2016), Borba (2012) e Dixon & Bell (2020), que criam variáveis e bases de comparação que simulam e avaliam a conexão entre os veículos elétricos e o sistema de rede/abastecimento elétrico que nos auxiliam nessa discussão.

Segundo Lima (2012, p. 29),

A quantidade de energia necessária para a recarga das baterias representa uma parcela significativa do consumo residencial atual e, certamente, causará impactos no

planejamento dos sistemas. [...] Um incentivo adicional para esta conexão é a complementaridade entre as baterias dos EV's e outras fontes alternativas de energia, como a eólica e a fotovoltaica.

Nessa linha de raciocínio, a Tabela (06) disponibilizada pelo Balanço Energético Brasileiro de 2021 apresenta em termos percentuais as fontes alternativas, notando-se que as fontes eólicas e solar foram as que tiveram maiores incrementos percentuais, respectivamente de 11,4% e 32,9% para 2020 sobre 2019, assim como seus respectivos aumentos também na geração total de energia nesse mesmo comparativo.

**Tabela 06:** Capacidade Instalada em MW.

Fonte	2019	2020	Δ 20/19
<b>Hidrelétrica</b>	109.058	109.271	0,2%
<b>Térmica</b>	41.219	43.057	4,5%
<b>Eólica</b>	15.378	17.131	11,4%
<b>Solar</b>	2.473	3.287	32,9%
<b>Nuclear</b>	1.990	1.990	0,0%
<b>Capacidade disponível</b>	170.118	174.737	2,7%

**Fonte:** Balanço Energético Brasileiro (2021, p. 46)  
Org.: FERNANDES, L. S. M., 2021.

Para o futuro próximo, existe um promissor aumento da capacidade instalada e geração de energias limpas, em destaque a Biomassa, Eólica e Solar. Selma Bellini (2021) aponta um crescimento expressivo na capacidade eólica instalada em 2024, elencando para aproximados 30 GW, justamente referentes aos altos investimentos de empresas nos últimos 12 anos e pela quantidade/qualidade dos ventos acima da média mundial.

Segundo Ribeiro (2020, p. 59),

A energia eólica apresentou crescimento desde 2009, depois dos primeiros leilões de energia. Entre os anos de 2014 e 2019 houve uma grande expansão da fonte no país, com crescimento médio anual de 29%. Em 2020, a geração eólica já supera a geração nuclear e a biomassa e possui o total de capacidade instalada de 16.452 MW. Essa

fonte é importante na matriz brasileira porque complementa as usinas hidrelétricas em períodos de estiagem.

Da mesma maneira que a energia advinda da biomassa brasileira registra um crescimento superior de 2018 para 2019 com relação as fontes não renováveis, ressalta-se também a capacidade de exploração de subprodutos da cana, entre outras biomassas originada da agroindústria e setor sucroalcooleiro que promovem e aprofundam pesquisas e explorações sustentáveis (DA SILVA et al, 2021).

Já referente a energia solar, as usinas de produção fotovoltaica instaladas na região Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste apresentam maiores potenciais em termos de rendimento anual. Existe ainda um grandes possibilidades de expansão a curto e longo prazo pelo fato de que a intensidade de radiação solar nessas localidades e outras partes do território brasileiro são relativamente altas ao longo do ano. Ademais há uma busca pelo encurtamento entre as distâncias das usinas e centros de consumo, disponibilidade de pontos de conexão à rede, autoprodução e geração, espaço terrestre disponível para projetos e plantas solares e tendência de expansão desse segmento tecnológico (PEREIRA et al, 2017; NUNES-VILLELA, 2018).

Para isso, viu-se pertinente para a reflexão sobre o potencial energético brasileiro e as fontes alternativas de produção elétrica, a Tabela (07), no qual apresentam dados disponíveis no Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2021 sobre a geração elétrica.

**Tabela 07:** Geração de energia elétrica total entre as principais fontes produtoras

Fonte	2019	2020	Δ 20/19
<b>Hidrelétrica</b>	397.877	396.327	-0,4%
<b>Gás Natural</b>	60.448	53.464	-11,6%
<b>Eólica</b>	55.986	57.051	1,9%
<b>Biomassa</b>	52.543	56.167	6,9%
<b>Nuclear</b>	16.129	14.053	-12,9%
<b>Carvão Vapor</b>	15.327	11.946	-22,1%
<b>Derivados do Petróleo</b>	6.926	7.745	11,8%
<b>Solar Fotovoltaica</b>	6.655	10.750	61,5%

<b>Outras</b>	14.438	13.696	-5,1%
<b>Geração Total</b>	626.328	621.198	-0,8%

Fonte: Balanço Energético Nacional (2021, p.42)

Org.: FERNANDES, L. S. M, 2021

Dessa maneira, os percentuais apresentados na Tabela (07) comprovam essa tendência em território brasileiro. A necessidade de desenvolvimento das fontes alternativas se deve pelo fato de que, em simulação, a recarga de determinados veículos, entre o período de duas a cinco horas, levando em consideração a potência consumida em diferentes horários ultrapassa os valores máximos da demanda residencial e nesse sentido os possíveis impactos poderiam acabar por gerar uma certa degradação na qualidade da energia fornecida (LIMA, 2012).

Arioli (2014, p. 135) então, apresenta algumas considerações parciais a respeito da demanda elétrica para os VEs, no qual aconselha que,

O ponto de conexão do VE na rede também deve ser considerado no estudo do impacto. Quanto mais distante da subestação maiores são os impactos na magnitude de tensão, desequilíbrio de tensão, fluxo de corrente e perdas elétricas;

O horário de pico (máxima demanda da rede) deve sempre ser considerado nas análises, pelo fato de ser o instante mais crítico para todos os impactos estudados;

Os carregadores bifásicos apresentam menores impactos e, portanto, são uma opção mais vantajosa para a concessionária em relação aos monofásicos;

Em alguns casos, o VE também pode contribuir para a redução do desequilíbrio de tensão da rede, quando conectado em uma fase com nível de carga inferior ao nível das fases adjacentes;

É importante avaliar o nível de carregamento do transformador. Embora seja menos restritivo que os outros impactos avaliados, pode ser uma preocupação caso o transformador esteja operando próximo ao seu valor nominal antes da conexão de VEs;

Podem ser utilizados alguns métodos para mitigar os impactos mencionados, tais como: deslocar o instante de recarga do VE para fora do pico, reduzir a impedância do ramal de alimentação (recondutoramento da rede), incentivar a conexão de VEs bifásicos e substituição do transformador por outro de potência nominal mais elevada. Estes métodos não são avaliados detalhadamente nesta dissertação.

Além disso, essa abordagem trazida por Arioli (2014) indica um possível impacto no perfil de tensão das redes concessionárias, justamente pela alta e potente carga conectada pelos VEs. Esse tipo de desequilíbrio proporcionado por múltiplos carregadores em suas simulações indica em alguns dos testes, a possibilidade de graves consequências ao sistema, no qual ele destaca maiores níveis de distorções harmônicas nas tensões e correntes adicionalmente às perdas e sobreaquecimento geral do sistema.

As diferenças demográficas, o pico de carregamento veicular e pico de consumo doméstico também são problemáticas quando falamos no aumento da penetração ou de número

de VEs. Na tentativa de amenizar possíveis aumentos repentinos de consumo elétrico resultante do consumo doméstico e veicular, recomenda-se aumentar o nível de acesso e infraestrutura em locais diferentes de uso comum público (Dixon & Bell, 2020).

Em concordância, Borba (2012, p. 56) afirma que,

De fato, o momento da recarga é muito importante, pois não é a energia demandada pelos veículos o principal problema, mas sim a potência necessária. A guisa de exemplificação, admitindo-se que 20% da frota atual de veículos leves no Brasil fossem elétricos e percorressem anualmente 8 mil quilômetros com um desempenho energético de 6 km/kWh, a demanda de energia dos veículos seria de 7,9 TWh, o equivalente a menos de 2% da demanda de energia elétrica do Brasil, em 2011[...]

Dessa forma, acredita-se, nessa exemplificação, que se a maior parte dos veículos elétricos presentes nesses 20% considerados no estudo acima fossem carregados após as 18 horas, um acréscimo de 10 a 20% na demanda de energia elétrica seria observada ademais a necessidade de uma potência de aproximada de 6,8 GW (BORBA, 2012).

Assim, segundo Dixon & Bell (2020, p.14), “*shows that being able to charge at other locations significantly reduces the proportion of EVs charging at home overnight; a similar effect is observable on those charging at full power*”.

No Brasil, é notório a percepção de demanda elétrica relacionada aos aspectos socioeconômicos e populacionais de cada região, no qual, de acordo com a Resenha Mensal de Energia Elétrica (2021) presente na Tabela (08), a diferença percebida destoa de 4 a 6 vezes de uma região a outra.

**Tabela 08:** Consumo de energia elétrica nas diferentes regiões brasileiras.

Consumo (GWh)	Em junho			Até junho			12 Meses		
	2021	2020	%	2021	2020	%	2021	2020	%
Norte	3.060	2.705	13,1	17.640	16.518	6,8	35.792	34.044	5,1
Residencial	904	829	9,0	5.082	4.881	4,1	10.538	9.864	6,8
Industrial	1.314	1.141	15,2	7.802	6.960	12,1	15.365	14.163	8,5
Comercial	441	363	21,5	2.404	2.330	3,2	5.028	5.021	0,1
Outros	400	371	7,8	2.351	2.348	0,2	4.862	4.995	-2,7
Nordeste	6.996	6.234	12,2	42.836	39.812	7,6	84.189	81.662	3,1
Residencial	2.563	2.425	5,7	15.981	15.327	4,3	31.264	29.805	4,9
Industrial	1.863	1.628	14,5	11.350	10.001	13,5	22.466	20.858	7,7
Comercial	1.144	912	25,4	7.030	6.638	5,9	12.608	14.214	-4,3
Outros	1.426	1.270	12,3	8.476	7.846	8,0	16.851	16.786	0,4
Sudeste	19.470	17.316	12,4	122.865	113.132	8,6	242.765	230.411	5,4
Residencial	5.515	5.401	2,1	39.541	34.450	6,1	72.084	67.499	6,8

Industrial	7.941	6.477	22,6	47.681	41.342	15,3	94.136	85.901	9,6
Comercial	3.380	2.860	18,2	22.677	21.655	4,7	43.896	45.118	-2,7
Outros	2.633	2.577	2,1	15.966	15.685	1,8	32.649	31.893	2,4
<b>Sul</b>	<b>7.327</b>	<b>6.503</b>	<b>12,7</b>	<b>47.221</b>	<b>43.980</b>	<b>7,4</b>	<b>91.147</b>	<b>87.200</b>	<b>4,5</b>
Residencial	1.860	1.779	4,6	12.396	12.055	2,8	24.141	23.066	4,7
Industrial	2.988	2.465	21,2	17.853	15.372	16,1	35.279	32.050	10,1
Comercial	1.133	999	13,5	7.784	7.552	3,1	14.687	14.981	-2,0
Outros	1.345	1.260	6,8	9.187	9.002	2,1	17.040	17.102	-0,4
<b>Centro-Oeste</b>	<b>3.304</b>	<b>2.938</b>	<b>12,5</b>	<b>19.392</b>	<b>18.696</b>	<b>3,7</b>	<b>39.570</b>	<b>38.334</b>	<b>3,2</b>
Residencial	1.114	962	15,8	6.786	6.481	3,7	13.739	12.875	6,7
Industrial	871	830	5,0	5.074	4.856	4,7	10.315	9.855	4,7
Comercial	579	477	21,4	3.530	3.474	1,6	7.081	7.318	-3,2
Outros	740	669	10,5	4.002	3.886	3,0	8.435	8.285	1,8

**Fonte:** (EPE, 2021 s/p)  
**Org.:** FERNANDES, L. S. M, 2021.

Para isso, Sistema Integrado Nacional (SIN) apontado em Borba (2012) e a partir da Resolução Normativa ANEEL n. 622, de 19 de agosto de 2014 apresenta-se como um conjunto de instalações e equipamentos dos quais integram o suprimento de energia elétrica pelas linhas de transmissão em quatro subsistemas: Centro-Oeste e Sudeste; Nordeste e Norte; Sul.

Assim, desde seu trabalho, Costa (2007, p.5) informa que,

**Sudeste/Centro-Oeste (SE/CO)**, onde se concentra o grande mercado de demanda no país. Este subsistema é importador de outras regiões e países vizinhos, na maior parte do ano. A capacidade de armazenamento das usinas hidráulicas é de 176 563 MWmês, que corresponde a 69, 5% do total; [...]

**Sul (S)** é um sistema com grande volatilidade de armazenamento, apresentando intercâmbios com o SE/CO variando de sentido ao longo do ano. A capacidade de armazenamento das usinas hidráulicas é de 15 533 MWmês, 6, 1% do total. A longo prazo, a tendência deste subsistema é de exportação de energia;

**Nordeste (NE)** apresenta demanda crescente de energia, com tendência à importação de energia, tendo em vista o esgotamento do aproveitamento do seu potencial hidroelétrico. A capacidade de armazenamento das usinas hidráulicas é de 50 203 MWmês, 19, 7% do total; e

**Norte (N)** é um sistema essencialmente exportador de energia durante 9 meses do ano, com tendência a aumentar o volume de exportação. A capacidade de armazenamento das usinas hidráulicas é de 11 901 MWmês, 4, 7% do total.

A pauta então, a partir dos dados apresentados seria se esse sistema integrado supriria o adicional elétrico necessário para abastecer a frota veicular e se essa importação e venda de energia as demais regiões ainda fosse possível, principalmente na região Norte em uma simulação na qual a frota elétrica se tornasse mais presente.

Distante do exposto, como a maior parte dos estudos de viabilidade elétrica são efetuados em outros países, aspectos como a energia necessária para o aquecimento interno do

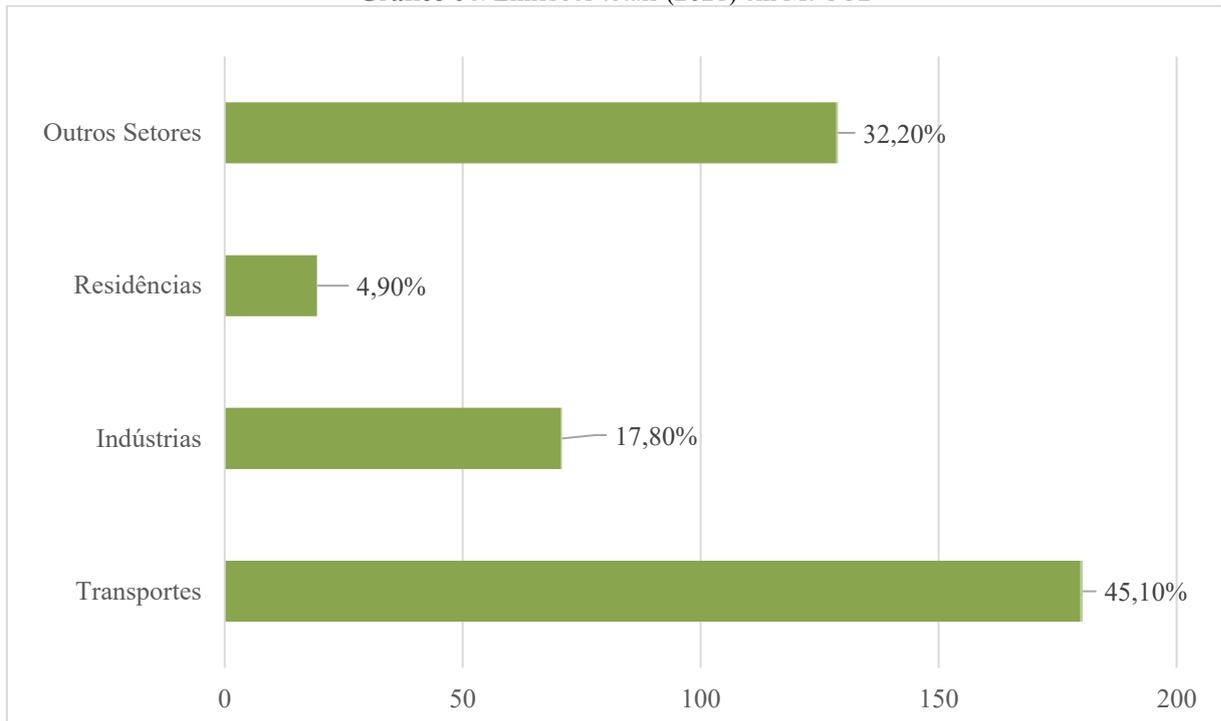
veículo em ambientes de extremo frio também poderiam ser descartados na maior parte do território brasileiro, devido sua tropicalidade. Nas temporadas com frio mais intenso, localizada nas regiões temperadas e mais próximas aos polos, o uso necessário reduziria seu alcance em 28%, justamente pela energia elétrica utilizada para manter o veículo numa temperatura estável e agradável ao motorista e passageiros (MILEV, HASTINGS e AL-HABAIBEH, 2021).

### 3.3 EMISSÕES E PROBLEMÁTICAS À SAÚDE ADVINDAS DOS TRANSPORTES TRADICIONAIS

No mundo, os estudos que correlacionam a poluição do ar e suas consequências na saúde pública já eram observados na década de 1950 e relatadas nas publicações pioneiras sobre o assunto, relacionando aumento da mortalidade e função de poluentes atmosféricos (BARASSA, 2015). Isso contribuiu para diversas iniciativas posteriores as quais proporcionaram o retorno e desenvolvimento de tecnologias que não emitissem poluentes.

Como a poluição atmosférica advinda dos materiais particulados (MP) emitidos pela combustão dos veículos tradicionais induz de maneira expressiva para o aumento de doenças e problemas respiratórios a população mundial, os VEs são atualmente considerados uma das possíveis soluções frente a redução da emissão dos gases de efeito estufa.

No Brasil, a poluição do setor de transportes representa aproximados 45% das emissões totais de Mt CO<sub>2</sub> (Gráfico 04) e segundo o Ministério da Saúde em, Brasil (2019, p. 312) “As mortes devido à poluição atmosférica aumentaram de 38.782 em 2006 para 44.228 em 2016”.

**Gráfico 04:** Emissões totais (2021) em Mt CO2

Outros setores -\* inclui os setores agropecuário, serviços, energético, elétrico e as emissões fugitivas

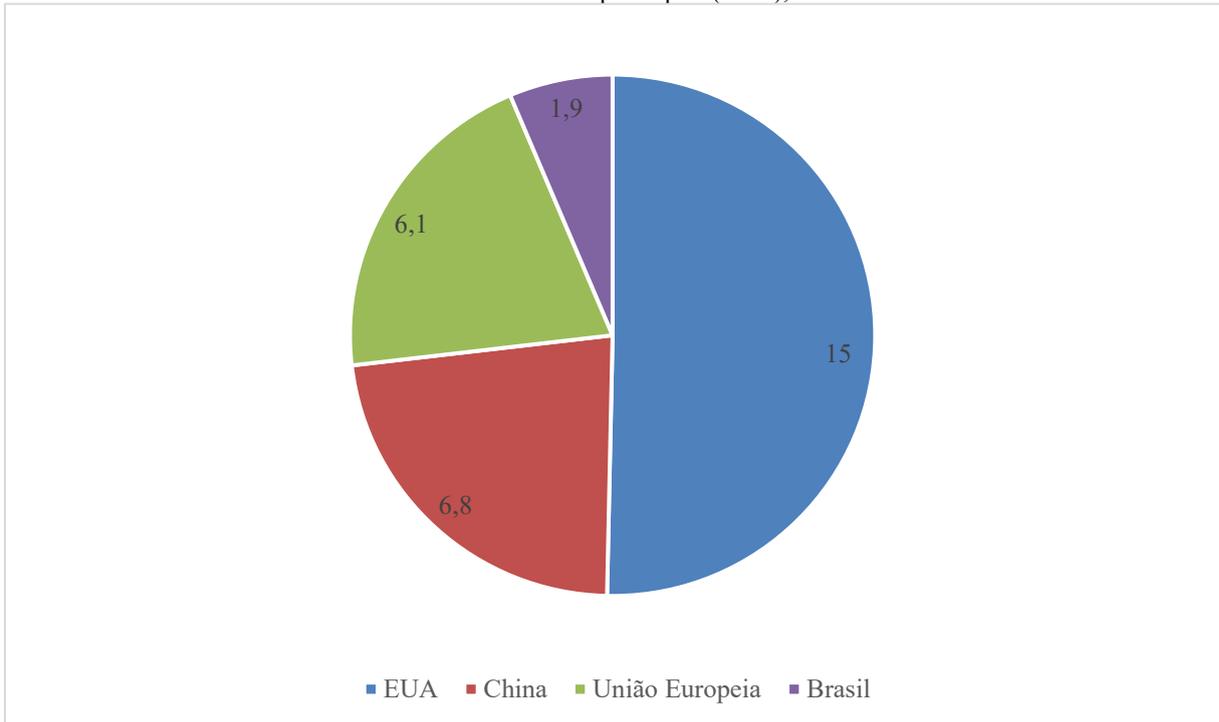
**Fonte:** EPE (2021, p.54), Adaptado.

**Org.:** FERNANDES, L. S. M, 2021.

Entretanto, não há muitas pesquisas e discussões concretas suficientes para avaliar o quanto a mudança para VEs impactaria no cenário nacional, seus reais ganhos para saúde pública e qualidade de vida no geral. Assim, o que se sabe até o momento, Segundo Brasil (2019, p. 310) é que,

A escassez de dados de monitoramento da qualidade do ar dificulta esse tipo de avaliação em grande parte do território nacional, posto que as metodologias de estimativa da exposição requerem frequentemente medições sistemáticas e contínuas da concentração de poluentes atmosféricos

Até o momento a maior parte dos trabalhos apontam melhorias quanto a popularização dos VEs nos quesitos apontados acima, e ainda, comparativamente o brasileiro já polui/emite na produção e consumo de energia percentualmente menos que um cidadão Norte Americano, Chinês e /ou Europeu, e isso pode ser observado no Gráfico (05) (EPE, 2021).

**Gráfico 05:** Emissões de CO<sub>2</sub> per capita (2018), em t CO<sub>2</sub>/hab.

**Fonte:** EPE (2021, p.57), Adaptado.

**Org.:** FERNANDES, L. S. M., 2021.

Além disso, contamos com a capacidade alternativa de produção elétrica que deve ser considerada e contínuos graus de crescimento, no qual conforme Da Silva et al. (2021, p. 576) “Em 2019, o uso da biomassa brasileira contribui de forma decisiva na redução das emissões de GEE na atmosfera. Pelo consumo do etanol, do biodiesel e da bioeletricidade, foram evitadas emissões totais de 72,3 Mt CO<sub>2</sub>”.

É ressaltado então que esses setores ligados as inovações tecnológicas, melhoramento de combustíveis e setor automobilístico, políticas públicas sustentáveis tem contribuído para uma redução do poluente MP<sub>2,5</sub> nos períodos observados entre 2006 e 2016. O que pode ser ainda mais expressivo com os VEs (BRASIL, 2019).

Entretanto, alguns trabalhos analisando o cenário brasileiro vigente e o ciclo de vida das opções veiculares, algumas categorias comparadas por Vargas (2016, p. 106) aponta o transporte elétrico como opção de maior impacto, justificando que,

O impacto comparativamente maior do veículo no caso da mobilidade elétrica se deve principalmente pela combinação de três fatores: a produção da bateria, o maior peso do veículo elétrico (23% superior ao convencional) e sua menor vida útil (a qual foi atrelada à vida da bateria, assumida como 150.000 km no cenário atual).

Nesse viés, Vargas (2016) considera o transporte movido a etanol ambientalmente

menos prejudicial, dentro das condições descritas em sua pesquisa e no contexto atual. Todavia, em previsões e cenários futuros a redução desses impactos acaba sendo diminuta, justamente pelo avanço nos métodos de extração, produtividade, evolução tecnológica, no qual os veículos a combustão deixam de ser vantajosos, mais eficientes e menos ambientalmente impactantes.

De maneira complementar, esses resultados já são vistos em estudos como esse realizado na Escócia, que avalia a energia elétrica adicional necessária para alimentar a frota de VEs através do impacto ambiental e financeiro reporta dados positivos quanto a redução da quantidade total de gases de efeito estufa. Esse estudo, mostra que em que pese o aumento da quantidade gases a ser gerado em decorrência da energia elétrica adicional a ser produzida, haverá uma redução de aproximadamente 33,7% na quantidade de emissões de carbono (MILEV; HASTINGS; AL-HABAIBEH, 2021).

Adicionalmente a isso, Requia (2018, p. 5-6) aponta,

*These direct and indirect implications of vehicular emissions on the environment and human health suggest that the current transportation systems are unsustainable, from both the environmental (air pollution and GHGs), health (health impacts) and economic perspectives (cost of air pollution). Electric mobility is a promising technology which can transform the global transportation sector to provide more environmentally-friendly and sustainable mobility options that can help in reducing air pollution, greenhouse gas emissions, and health risks*

Cabe considerar que a matriz energética de geração de energia utilizada no estudo ser, em 2015-2016, 34% nuclear e 25% ser a carvão, teríamos no Brasil também melhores resultados, frente a emissão de gases durante a produção no geral (MILEV, HASTINGS eAL-HABAIBEH, 2021).

### 3.4 POLÍTICAS DE INCENTIVO FINANCEIRO BRASILEIRA PARA ADOÇÃO DOS VES

No Brasil, os VEs carecem de políticas de incentivo para darem um grande salto em seu montante e conquistar um maior número de consumidores. Conforme apresentado ao decorrer do desenvolvimento da pesquisa, identificou-se realidades e contextos distintos das encontradas nos países, onde o volume VEs resultou em uma é expressividade e comercialização.

Adotando uma visão divergente, Vaz, Barros e Castro (2015, p. 317) aponta que,

*Há poucos incentivos no Brasil para os veículos elétricos e híbridos, em comparação a outros países. No caso dos veículos leves, as principais iniciativas correm por conta*

das próprias montadoras, por exemplo, cessão em comodato de táxis elétricos em grandes cidades brasileiras.

Ao analisarmos a realidade brasileira atual constata-se que não houve mudança significativa em relação ao cenário descrito no acima. Não há uma política nacional concreta e expressiva de incentivo, mas sim, nichos de isenções de impostos.

As isenções se referem ao imposto sobre propriedades de veículos automotores (IPVA) a nível estadual e a liberação no sistema de rodízio a nível municipal. De acordo com a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE), a Tabela (09) apresenta os incentivos estão presentes em 8 Estados no ano 2019, e 4 cidades, apresentados no esquema abaixo.

**Tabela 09:** Incentivos vigentes em território brasileiro até outubro de 2019

Estado ou Cidade	Imposto, Tributo ou Compensação	Diploma Legal (Beneficiário)
PR	IPVA	Lei 19.971, de 22/10/19 (VEs)
MA	IPVA	Lei Nº 7.799, de 19/12/2002, Artigo 82, XI (VEs)
RJ	IPVA	Lei Nº 7068, de 01/10/2015 (VEH, VEs)
MS	IPVA	Lei Nº 1.810, de 22/12/1997, Artigo 153 (VEs)
RN	IPVA	Lei Nº 6.967, de 30/12/1996, Artigo 8º, XI (VEs)
PI	IPVA	Lei Nº 4.548, de 29/12/1992, Artigo 5º, VIII (VEs)
PE	IPVA	Lei Nº 10.849, de 28/12/1992, Artigo 5º, XI (VE)
CE	IPVA	Lei Nº 12.023, de 20/11/1992, Artigo 4º, IX (VE)
SP - São Paulo	IPVA e isenção de rodízio	Lei Nº 15.997, de 27/05/2014 (VEs e VEH)
SP - São Bernardo do Campo	IPVA	Lei Nº 6.545, de 19/04/2017 (VE e VEH)
SP - Sorocaba	IPVA	Lei Nº 11.493, de 01/05/2017 (VE e VEH)
SP - Indaiatuba	IPVA	Lei Nº 6.728, de 19/06/2017 (VE e VEH)

**Fonte:** Diretoria de Veículos Leves da ABVE

**Org.:** FERNANDES, L. S. M., 2021

Pelo pequeno volume de incentivos, por mais que o mercado automobilístico represente um dos setores mais aquecidos do mundo globalmente, a maior parte dos modelos de VEs são considerados de luxo e com alto valor agregado, o que tem resultado em baixo histórico de vendas.

Na Noruega, em 2015, a participação de elétricos nos licenciamentos já representava 4% do total de veículos, enquanto em território nacional, esse valor não chega a ser 1% em 2021, levando em consideração dados sobre a frota de veículos disponibilizada pelo Ministério da Infraestrutura. (VAZ, BARROS e CASTRO, 2015).

Em 2018, no governo Michel Temer, a partir do Decreto Nº 9.442, de 5 de julho de 2018, as alíquotas do Imposto sobre veículos equipados com motores híbridos e elétricos foram

reduzidas (Tabela 10). Por mais que a redução da alíquota do trouxesse a redução significativa do preço final do VEs, a partir de 2019 foi observado um grande salto no número de VEs comercializados em território nacional, alcançando cerca de 19 mil unidades.

**Tabela 10:** Alíquotas de IPI de alguns VEs e VEHs comercializados no Brasil, a partir do Decreto 9.442

<b>Elétricos</b>	<i>Renault Zoe</i> : 8% (EE < 0.66 MJ/km/1.400kg < MOM < 1.700kg)
	<i>Nissan Leaf</i> : 8% - estimativa (EE < 0.66 MJ/km/1.400kg < MOM < 1.700kg)
	<i>BMW i3 gasolina</i> : 9% (EE < 1.1 MJ/km/ MOM < 1.400kg)
	<i>Toyota Prius gasolina</i> : 12% (1.1 < EE < 1.68 MJ/km/MOM < 1.400kg)
<b>Híbridos</b>	<i>Ford Fusion gasolina</i> : 13% (1.1 < EE < 1.68 MJ/km/1.400kg < MOM < 1.700kg)
	<i>Porsche Panamera gasolina</i> : 11 % (EE < 1.1 MJ/km/MOM > 1.700kg)
	<i>Volvo XC90 gasolina</i> : 15% (1.1 < EE < 1.68 MJ/km/MOM > 1.700kg)
<b>Obs.:</b>	MOM = Massa em Ordem de Marcha EE = Eficiência Energética MJ/km = Megajoule por km rodado (joule = unidade de medida de energia mecânica e térmica)

**Fonte:** Diretoria de Veículos Leves da ABVE, 2021.

**Org.:** FERNANDES, L. S. M, 2021.

Em contra partida disso, no início do ano de 2021, os VEs passaram a pagar entre 12% e 18% de IPI, em média, enquanto um carro flex. 1.0 à combustão paga apenas 7% (ABVE, 2021).

As ações até o momento então, limitam-se a planos futuros, projetos e consultas públicas. Nota-se que aparentemente o Estado brasileiro apresenta direcionamentos e comportamentos divergentes do cenário mundial.

Oposta a essa postura, estudos apontando vantagens econômicas para aquisição do veículo elétrico a longo prazo, Milev, Hastings e Al-Habaibeh (2021, p. 212) apresentam sua estimativa positiva aos incentivos justamente porque,

*With extended utilization of electric vehicles, owners would spend more money as an initial cost compared to conventional cars (about 75.7%) even with the EV subsidy in the UK. In the long term, electric vehicles would save money to their owners, because of the considerably low price of electricity compared to that of petrol and diesel fuel, with estimated savings of about 69.1% per annum.*

Diante disso, são transcritas sugestões a partir também de experiências globais alguns meios de como a política brasileira poderia atuar nos vários segmentos ligados a motorização eletrificada. Tanto seu estudo, como este, promovem a busca por experiências externas no sentido de analisar e determinar aquelas que se encontram mais próximas da realidade brasileira

(VAZ, BARROS E CASTRO, 2015).

Dentre as sugestões apontadas, bonificações as empresas com estabelecimento de metas de emissões ao longo prazo, apoio a iniciativas para criação de capacidade produtiva a veículos elétricos e híbridos nacional, integração do etanol aos motores eletrificados em pesquisas e estimular a interação entre a universidade e as empresas são propostas que poderiam receber alguma análise preliminar. (VAZ, BARROS e CASTRO, 2015).

Fato é que, na contramão das políticas públicas, empresas nacionais como BAYER e AMBEV, em 2021 começam a utilizar em sua logística VEs, substituindo gradativamente sua frota caminhões movidos a diesel (MACHADO, 2021; KLEINA, 2021).

### 3.5 PLANEJAMENTO E MOBILIDADE URBANA EM PROL AOS VEs

Para construção de cenários urbanos mais fluidos, equilibrados ambientalmente e inteligentes, o planejamento urbano e as políticas públicas surgem como peça chave na busca por readequação das municipalidades em direção a sustentabilidade (RODRIGUES, SUGAHARA e DA SILVA, 2019). Os VEs, conforme abordado no capítulo 2.7 são os principais candidatos em apoio a essa causa até quando analisamos cidades inteligentes.

Barczak e Duarte (2012) acredita que o PU pode controlar a dispersão de veículos e propiciar métodos mais eficientes e ambientalmente viáveis, sendo ele a ferramenta de articulação e capaz de favorecer a mudança no cenário urbano, fornecendo um ambiente com menos impactos ambientais, principalmente nos grandes centros e capitais.

Entretanto nem todas as regiões brasileiras elaboraram planos de mobilidade urbana e ainda persistem em consideráveis traços/direcionamentos tradicionais. Somente a cidade do Rio de Janeiro possui um Plano de Mobilidade Urbana Sustentável (SILVA, 2021).

Propostas e fomento ao transporte público eletrificado são exemplificados em poucas cidades. Existe uma série posicionamentos diante a falta de incentivo, carência de conhecimento e/ou desinteresse em reestruturar a logística, mudança operacional, entre outros aspectos que agravam a situação futura.

Tem se a sensação que o planejamento e mobilidade urbana vem sendo relegado a segundo ou terceiro planos e assim estão em processo de construção sem que ações efetivas surjam e que quando são implementadas são desconectadas de outras que seriam necessárias. Num dito popular, atuamos como bombeiros tentando apagar o fogo sem eliminar as suas causas reais.

Com relação a infraestrutura de carregamentos, os pontos instalados em posto rodoviário no interior de São Paulo (Figura 12 e 13), também apresentam essa mesma problemática descrita pelo estudo de Jensen e Cherchi (2021). Discutir políticas estratégicas fornecidas por experiências em outros países, com certeza, trariam melhores resultados para os usuários dos VEs, uma vez que a variabilidade de receptores elétricos contribuiria para um carregamento universal e conseqüentemente, maior circulação de veículos.

**Figura 12:** Ponto de carregamento de VEs, no posto GRAAL, interior de São Paulo



**Org.:** FERNANDES, L. S. M (2021).

Em concordância, Lin & Sovacool (2020, p. 15) identifica, em seu estudo de caso, estratégias que devem ser utilizadas pelo setor público em prol de maior eficiência do cenário veicular elétrico, “[...] *such as improving charging infrastructures, changing user norms and preferences, reforming car markets and marketing strategies (especially among dealers and rental car companies), and nurturing new production-consumption modes*”.

Em um plano nacional, visando objetivar uma melhor atuação e eficiência das ações públicas e privadas, estimular a produção também de adaptadores ou conectores universal para carregamento, seria um bom exemplo, uma vez que agora ilustrado na Figura (13) nos mostra um ponto de carregamento com certa limitação de modelos/marcas de veículos que possam ser

carregados. Um ponto contraditório para essa aplicação, seria as diferenças de tensões e voltagem que cada *plug-in* se alimenta.

**Figura 13:** Eletro posto de carregamento específico.



**Org.:** FERNANDES, L. S. M (2021).

A mobilidade urbana aplicada para impedir possíveis aglomerações de tráfego elétrico, vias secundarias que preferencie a circulação desse tipo de veículo, infraestrutura de carregamento diverso, ademais ao fomento de veículos públicos elétricos de qualidade e *car-sharing* são propostas que muitas municipalidades poderiam buscar em futuras revisões de

zoneamento urbano e seu possível ganho ambiental. Além disso e questões de como maximizar o aproveitamento social de terrenos e instalações de postos de combustível, também devem ser levadas em consideração. (CAVALCANTI, 2011).

Segundo a ABVE (2021), em território nacional, existem pontos de recarga em rodovias e locais públicos, como shoppings e postos de combustível e questiona-se se esses seriam suficientes para atender por exemplo, os aproximados 6500 mil tipos de veículos eletrificados comercializados no Estado de São Paulo, em 2020. Fato é que grande parte desses automóveis podem ser carregados em rede domiciliar, entretanto, para um uso mais satisfatório, os vários pontos de carregamento entorno dos centros urbanos viabilizariam mais o uso dela além de aumentar sua capacidade de mobilidade no entorno do município ou estado.

Outro fator, são as áreas trabalhistas à mercê de uma futura redução/adaptação de muitos postos de trabalho para essa nova tecnologia. Em território nacional, o serviço Nacional de aprendizagem Industrial (SENAI) também identifica perspectivas e impactos na entrada dos VEs prevendo ocupações profissionais ligadas a manutenção automotiva elétrica, técnico de energias e técnico em conectividade veicular (UNIEPRO, 2021).

Segundo a Revista Quatorrodas (2021) em território nacional, ainda não é perceptível a transformação do mercado automotivo, entretanto a mudança gradativa dos grandes fabricantes e marcas rumo aos VEs apresentam estimativas que variam as reduções de mão de obra entre 7% a 20% (MONTEIRO, 2021).

Por fim, da mesma maneira que muitas áreas industriais sem operatividade são revitalizadas e suas funções sociais alterada de acordo com o direcionamento municipal, os postos de gasolina em termino de funcionamento também deveriam ter sua transformação, agora, principalmente ligada ao cenário elétrico e/ou viabilizando sistemas de carregamento em comunhão, conforme apresentado nas imagens acima.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por se tratar de um trabalho teórico e dentro de um contexto de pandemia, onde a dificuldade de execução de pesquisas em todo o Brasil aumentou, ferindo o trabalho de campo que contribuiria para maior densidade de informações e suporte das conclusões. Por sua vez, e a partir do material discutido ao longo da pesquisa, conclui-se que as perspectivas ambientais estão diretamente ligadas as argumentações descritas abaixo.

Inicialmente, ressalta-se que os VEs utilizam principalmente Li-baterias e que no Brasil, as reservas minerais deste elemento são pequenas e escassas, o que não permite vislumbrar um desenvolvimento significativo da indústria de baterias com base nesse elemento. Adicionalmente, a quase totalidade da produção nacional de lítio é utilizada para outros fins.

Todavia, vários países, em situação análoga ao Brasil, investem pesadamente no desenvolvimento de indústria de Li-baterias em função de serem provedores dessas baterias para outras aplicações, além dos VEs, que na somatória os favorecem.

Por outro lado, dada a proximidade geográfica e fortes relações comerciais com Argentina, Chile e Bolívia, detentores das maiores reservas mundiais de lítio, o Brasil poderia vencer o obstáculo citado acima a partir da importação e processamento do lítio. Em paralelo, o desenvolvimento da reciclagem poderá também contribuir para atenuação deste quadro desfavorável.

O compartilhamento de dados, tecnologias entre as nações produtoras e o país conduziria a indústria automobilística de modo a fomentar fabricação de LIBs e outros derivados os quais impulsionaria todo o segmento e pesquisas com experiências nacionais e nesse sentido a futura preocupação sobre esse eixo, estaria vinculada ao tempo e/ou velocidade de transformação desse material em uma bateria e derivados suficiente para atender produção e venda nacional.

A ausência dessa e outras ações/propostas sustentam como um impactante indicativo para o peso no valor final do veículo elétrico no Brasil, além de um interesse tardio em desenvolver, processos e produtos que tenham consigo o componente do lítio.

Questões como a falta de uma disposição final da bateria de lítio, assim como a capacidade de reciclagem desta também são aspectos negativos quando se analisam o lado ambiental proporcionado pelos VEs. Se não for padronizado sistemas de reciclagem o seu ganho na redução de GEE resultará em impactos em outros campos, no caso e principalmente ambientais.

Nos principais países onde VEs já são realidade, há preocupação com relação a demanda de energia elétrica exigida para suportar uma frota de VEs. Lá, para atender os VEs, dadas as características da matriz de geração elétrica ser baseadas em fontes geradoras de GEE, também há forte preocupação que os benefícios ambientais advindos dos VEs sejam diminutos.

Já no caso Brasil, com matriz energética renovável e menor percentual de poluição quando comparadas às dos demais países, não se observaria empecilhos quanto ao descrito acima. Salienta-se ainda que se tem aqui enorme potencial para a produção energética a partir de fontes limpas, destacando-se a energia eólica e fotovoltaica, e ainda, em expressão a energia elétrica proveniente da biomassa.

Frente a popularização dos VEs no país, a preocupação nesse campo estaria vinculada a necessidade de uma adaptação do sistema elétrico, a infraestrutura adequada, melhoramento da rede residencial para suportar a tensão e potência (existência de diferentes tensões e voltagem de cada plug-in). As pesquisas apresentadas na seção anterior confirmam que um elevado número de carregamentos das baterias concentrado no período noturno sobrecarregaria a rede atual.

Para isso, recomenda-se justamente a instalação de eletropostos nos mais variados pontos urbanos ou ao longo das rodovias no sentido de minimizar a concentração de carregamentos em um único horário. Adicionalmente, a adaptação de locais de estacionamento de veículos em estabelecimentos comerciais, industriais, habitacional e de uso coletivo, com a instalação de eletropostos reduziria também o carregamento noturno.

Como o potencial energético brasileiro é favorável ao uso de VEs sem impactos expressivos para o meio ambiente, os ganhos na circulação desse segmento automotivo nos centros urbanos para a saúde pública seriam extremamente favoráveis.

A redução na emissão de GEE diários com a frota elétrica e conseqüentemente o menor nível de ruídos gerados pelos veículos tradicionais diminuiria doenças provenientes dessas causas e até a taxa de mortalidade. Também se destaca a compensação de carbono atmosférico a longo prazo, enquanto o VEs atualmente polui mais em sua produção, ao longo de um período, os veículos tradicionais acabam ultrapassando valores que deixam crescer nos VEs.

Por fim, até o momento desse trabalho, o Brasil não está direcionando seu foco e atenção por completo ao setor automotivo eletrificado. Nota-se que grande parte dos direcionamentos e posturas em prática não promovem a adoção e um ambiente propício a sua popularização ainda.

Não foram identificadas políticas de incentivo que fujam de descontos no IPVA. Os incentivos e políticas urbanas ainda não permitem uma maior competitividade entre os

segmentos automotivos. Os veículos elétricos híbridos (VEHs), que também tem seus valores onerosos, até o momento desse trabalho, tem sido a opção mais aceita entre os consumidores e pode ser uma alternativa para uma futura transição veicular.

A criação de um plano estratégico para transição veicular poderá ser uma boa opção se analisarmos medidas apresentadas durante o desenvolvimento da pesquisa. O que pode ser constatado até a divulgação desse trabalho é que existem somente nichos de planejamento e mobilidade urbana favorável a adoção dos VEs, como vistos em algumas municipalidades.

Por mais que a maior parte das pesquisas sejam realizadas em diferentes cenários com suas peculiaridades características e isso não de margem para comparar e exibir como funcionaria em nosso território, a exemplificação deles nos exibem informações essenciais que podem ser aproveitadas no sentido de evitar certos caminhos, direcionar ações e investir em determinados setores que a inexperiência pode retardar a introdução no mercado e claro sua fixação ao longo prazo.

O território brasileiro apresenta importantes indicativos e números ambientalmente mais altos do que os exemplos citados ao longo do trabalho e isso provavelmente viabilizaria a mudança ou pelo menos uma maior atenção por parte dos entes públicos.

Existem também diversas outras perspectivas acerca desse tema a qual não tiveram sua literatura explorada e dessa maneira são recomendados outros trabalhos, dados e conclusões acerca do futuro do VEs em território brasileiro. Como a expressividade desse segmento ainda é baixo, não se tem de fato a certeza de quais os reais impactos que ele repercutirá, entretanto, seu entendimento e ações preventivas amenizaram aqueles que já são vistos em outros países por exemplo.

Questões de como o mercado de trabalho se comportará frente a transição veicular, uma vez que é afirmado uma queda abrupta na manutenção, quantidade de peças e outros aspectos devem ser evidenciados em outros trabalhos. Há um setor extremamente dependente dos veículos tradicionais e sua descontinuação pode provocar sérios impactos se nada for feito. Para isso, recomenda-se uma constância de diagnósticos sobre os VE e sua influência no Brasil, estudo a longo, médio e curto prazo trabalhando novas ideias e soluções.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, J. R.; GOBETTI, S. W. Rendas do petróleo no Brasil: alguns aspectos fiscais e federativos. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v.15, n.30, p. 231-269, dez. 2008.

ARIOLI, V. T. **Análise de impactos técnicos provocados pela penetração massiva de veículos elétricos em redes de distribuição de energia elétrica**. 2016. 174 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas, SP, 2016.

AVBE. **Associação Brasileira de Veículos Elétricos**. São Paulo. 2021. Disponível em: <http://www.abve.org.br/>. Acesso em: 20 de julho. 2021.

AZARAFSHAR, R.; VERMEULEN, W. N. Electric vehicle incentive policies in Canadian provinces. **Energy Economics**, v. 91, p. 01-15, 2020.

BARAN, R. **A introdução de veículos elétricos no Brasil: avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade**. Rio de Janeiro, 2012. 124 p. Tese (Doutorado) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 33, p. 207-224, mar. 2011., 2011.

BARCZAK R.; DUARTE F. Impactos ambientais da mobilidade urbana: cinco categorias de medidas mitigadoras. **Rev Bras Gestão**. 2012; 4(1): 13-32. Disponível em <https://www.scielo.br/j/urbe/a/ZXSBgx6QxMwtB7rhHDtLkC/abstract/?lang=pt>. Acesso em 23 de julho. 2021.

BARRASSA, E. **Trajatória tecnológica do veículo elétrico: atores, políticas e esforços tecnológicos no Brasil**. 2015. 105 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP, 2015.

BELLINI, S. Dia Mundial do Vento: Brasil completa 19 GW de capacidade instalada de energia eólica. **ABEEólica**. São Paulo, 15 de junho de 2021. Agência ABEEólica. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/noticias/dia-mundial-do-vento-brasil-completa-19-gw-de-capacidade-instalada-de-energia-eolica/>. Acesso em: 29 de junho de 2021.

Biden anuncia pacote ambiental com fim de novas perfurações de petróleo e gás em terras federais e de subsídios a combustíveis fósseis. **G1**, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2021/01/27/biden-anuncia-pacote-ambiental-com-fim-de-perfuracoes-de-petroleo-e-gas-em-terras-federais-e-de-subsidios-a-combustiveis-fosseis.ghtml>. Acesso em: 27 de jan. de 2021.

BORBA, B. **Modelagem integrada da introdução de veículos leves conectáveis à rede elétrica no sistema energético Brasileiro**. 2012. 179 p. Tese de Doutorado de Planejamento Energético COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL, M. M. E. Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 (pp. 1–271). **Ministério de**

**Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE).** Brasília, DF, Brasil. 2 vols. 2017.

BRASIL. **DECRETO Nº 9.442**, 5 de Julho De 2018. Altera as alíquotas do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI incidente sobre veículos equipados com motores híbridos e elétricos. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/D9442.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9442.htm). Acesso em 10 de jul. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Uma análise da situação de saúde e das doenças e agravos crônicos: desafios e perspectivas.** Brasília: [Brasil Saúde], 2019. *E-book*. Disponível em: [https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/saude\\_brasil\\_2018\\_analise\\_situacao\\_saude\\_doenças\\_agravos\\_cronicos\\_desafios\\_perspectivas.pdf](https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/saude_brasil_2018_analise_situacao_saude_doenças_agravos_cronicos_desafios_perspectivas.pdf). Acesso em 10 de jun. 2021.

Brazil Lithium Pegmatite Projects. Latin Resources. 2020. Disponível em: <https://www.latinresources.com.au/la-roja-cobalt-project-argentina>. Acesso em: 28 de maio. 2021.

BRITO, D. Efeito estufa: transporte responde por 25% das emissões globais. **Agência Brasil.** Katowice, 18 dezembro 2018. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-12/efeito-estufa-transporte-responde-por-25-das-emissoes-globais#:~:text=O%20setor%20de%20transporte%20contribui,carbono%20mais%20crescem%20desde%202000.&text=O%20relat%C3%B3rio%20projeta%20que%20pa%C3%ADses,e miss%C3%B5es%20de%20carbono%20por%20transporte>. Acesso em :19 mar. 2021.

CAMPELLO-VICENTE, H. et al. The effect of electric vehicles on urban noise maps. **Applied Acoustics**, v. 116, p. 59-64, 2017.

CASTRO, B. H. R.; BARROS, D. C.; VEIGA, S. G. Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. **BNDES Setorial**, n. 37, mar. 2013, p. 443-496, 2013.

CASTRO, H. et al. **Quantificando as vantagens dos carros elétricos: caso de estudo.** 2020. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/69449/1/D1.pdf>. Acesso em: 20 de fev. 2021.

CAVALCANTI, M. C. B. **Tributação relativa etanolgasolina no Brasil: competitividade dos combustíveis, arrecadação do estado e internalização de custos de carbono.** 2011. 248 p. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Coppe/ UFRJ, 2011.

CETESB, **Qualidade de ar no estado de São Paulo 2018.** São Paulo, Biblioteca São Paulo. 2019. *E-book*.

CHIARADIA, C. E. **Estudo da viabilidade da implantação de frotas de veículos elétricos e híbridos elétricos no atual cenário econômico, político, energético e ambiental brasileiro.** 2015. 164 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

CHOMA, E. F. et al. Assessing the health impacts of electric vehicles through air pollution in the United States. **Environment International**, v. 144, p. 01-10, 2020.

CONTESTABILE, M.; ALAJAJI, M.; ALMUBARAK, B. Will current electric vehicle policy lead to cost-effective electrification of passenger car transport? **Energy Policy**, v. 110, p. 20-30, 2017.

COSTA, J. P. **Árvore reduzida de cenários para o planejamento da operação de médio prazo**. 2007. 184 p. Tese de Doutorado PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.

DA SILVA, S. P. et al. A Importância da Biomassa na Matriz Energética Brasileira. **Pensar Acadêmico**, v. 19, n. 2., p. 557-583. 2021. Disponível em: <http://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/pensaracademico/article/view/2306/1996>. Acesso em 04 de julho. 2021.

DE LAS CASAS, C.; LI, W. A review of application of carbon nanotubes for lithium ion battery anode material. **Journal of Power Sources**, v. 208, p. 74-85, 2012.

DELGADO, F. et al. **Carros elétricos**. Cadernos FGV energia. Rio de Janeiro: Accenture, ano 4, n. 7, p. 1-112, maio 2017. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19179/Caderno%20Carros%20Eletricos-FGV-BOOK%20VFINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 21 fev 2021.

DENATRAN. Departamento Nacional De Trânsito – Denatran. **Estatísticas Frota de Veículos -DENATRAN**. Disponível em: <https://anfavea.com.br/estatisticas>. Acesso em: 01 de jan. 2020.

DENG, X. The development of EV and its impact on energy environment and other socioeconomic aspects. **International Journal of Smart Grid and Clean Energy**, v. 9, n. 6, p. 975-982, 2020.

EHSANI, M.; et al. **Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2004. *E-book*.

EPE. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2021**, 1 v. Brasília. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>. Acesso em: 20 de jun. 2021.

EPE. Dados do Anuário Estatístico de energia Elétrica. **Empresa de Pesquisa Energética**. 1 v. Brasília. [2020c]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>. Acesso em 22 de maio 2021. *E-book*.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética Nacional 2020**. [2020a]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 20 abril. 2021.

EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. 1 v. Brasília. [2020b]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2029>. Acesso em 10 de maio. 2021. *E-book*.

GARCIA, I. J. Lítio. **ANM/MG**. 2018. Disponível em [https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/pasta-sumario-brasileiro-mineral-2018/litio\\_sm\\_2018](https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/pasta-sumario-brasileiro-mineral-2018/litio_sm_2018): Acesso em: 28 de maio 2021.

GHOSH, A. Possibilities and challenges for the inclusion of the Electric Vehicle (EV) to reduce the carbon footprint in the transport sector: A review. **Energies**, v. 13, n. 10, p. 01-22, 2020.

GRATTAPAGLIA, R. P. A. **Avaliação econômica-financeira do uso do aplicativo Uber vs propriedade e uso do carro particular**. 2017. 67 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) —Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

GUO, X.; ZHANG, J.; TIAN, Q. Modeling the potential impact of future lithium recycling on lithium demand in China: A dynamic SFA approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, p. 01-11, 2020.

HAUSTEIN, S.; JENSEN, A., F.; CHERCHI, E. Battery electric vehicle adoption in Denmark and Sweden: Recent changes, related factors and policy implications. **Energy Policy**, v. 149, p. 01-12, 2021.

HENRIQUE, L.; DANTAS, P. **Carregamento de Veículos Elétricos Através de Energia Fotovoltaica**. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/95445531.pdf>. Acesso: 20 de maio. 2021.

HERNÁNDEZ-RENTERO, C. et al. Alternative lithium-ion battery using biomass-derived carbons as environmentally sustainable anode. **Journal of colloid and interface science**, v. 573, p. 396-408, 2020.

HUANG, B. et al. Recycling of lithium-ion batteries: Recent advances and perspectives. **Journal of Power Sources**, v. 399, p. 274-286, 2018.

IEA. **International Energy Agency**. 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>. Acesso em: 15 de abr. 2021.

KALIL, R. M. L.; GELPI, A. Planejamento urbano e regional: conceitos, processos e metodologias. Passo Fundo: **UPF Editora**, 2019. *E-book*.

KLEINA, N. Ambev compra 1.000 veículos elétrico para transportar bebida. **Tecmundo**. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/mobilidade-urbana-smart-cities/210530-ambev-compra-1-000-veiculos-eletricos-transportar-bebidas.htm>. Acesso em 21 de julho. 2021.

KLÖCKNER, C. A.; NAYUM, A.; MEHMETOGLU, M. Positive and negative spillover effects from electric car purchase to car use. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 21, p. 32-38, 2013.

KÖHLER, U. APPLICATIONS – TRANSPORTATION | Hybrid Electric Vehicles: Batteries. **Encyclopedia of Electrochemical Power Sources**, p. 269–285, 2009.

KONG, D. et al. Effects of multi policies on electric vehicle diffusion under subsidy policy abolishment in China: A multi-actor perspective. **Applied Energy**, v. 266, p.01-13, 2020.

LARMINIE, J.; LOWRY, J. **Electric vehicle technology explained**. 02. ed. John Wiley & Sons, 2012. *E-book*.

LAZZERONI, P. CIRIMELE, V. & CANOVA, A. Economic and environmental sustainability of Dynamic Wireless Power Transfer for electric vehicles supporting reduction of local air pollutant emissions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, p. 01-15, 2020.

LIEBREICH, M. McCRONE, A. Liebreich and McCrone: Electric vehicles – It’s not just about the car. **BloombergNEF**, 2016. Disponível em: <https://about.bnef.com/blog/liebreich-mccrone-electric-vehicles-not-just-car/>. Acesso em: 05 maio 2021.

LIMA, J. C. **Impacto dos veículos elétricos sobre as decisões das concessionárias de energia**. 2012, p. 100. Tese de Mestrado em Engenharia Elétrica, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

LIN, X.; SOVACOOOL, B. K. Inter-niche competition on ice? Socio-technical drivers, benefits and barriers of the electric vehicle transition in Iceland. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 35, p. 1-20, 2020.

MACHADO, N. Bayer inclui elétricos na frota sem aumento de custos operacionais. **Epbr**. Disponível em: <https://epbr.com.br/bayer-inclui-eletricos-na-frota-sem-aumento-de-custos-operacionais/?fbclid=IwAR2ysAlQsA0YzH8qbhzxEwP5Mc6rCdCLpztzDs0EQeci8l0AFkGxsdkKcwfl>. Acesso em 21 de julho. 2021.

MANSUR, M. B.; MIRANDA, P. E. V.; SANTOS, E. P. **Caracterização de bateria recarregável de lítio de veículos híbridos visando sua reciclagem**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Metalúrgica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MELIN, H. E. State-of-the-art in reuse and recycling of lithium-ion batteries—A research review. **Circular Energy Storage**, v. 1, p. 1-57, 2019.

MELTON, N.; AXSEN, J.; MOAWAD, B. Which plug-in electric vehicle policies are best? A multi-criteria evaluation framework applied to Canada. **Energy Research & Social Science**, v. 64, p. 01-15, 2020.

MILEV, G.; HASTINGS, A.; AL-HABAIBEH, A. The environmental and financial implications of expanding the use of electric cars-A Case study of Scotland. **Energy and Built Environment**, v. 2, n. 2, p. 204-226, 2021.

MONTEIRO, G. Carros elétricos podem acabar com 12% dos empregos na indústria automotiva. **Revista Quatro rodas**. 2021. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/carros-eletricos-podem-acabar-com-12-dos-empregos-na-industria-automotiva/>. Acesso em 24 de julho.2021.

NUNES-VILLELA, J. **Sustentabilidade e a emergência da energia solar no Brasil: motivações e decisões de consumidores fotovoltaicos residenciais**. 2018. 237 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal Fluminense. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/10264/1/Tese%20Josely%20%20Villela.pdf>. Acesso em 14 de jun. 2021.

OLIVEIRA, R. V. M de. **Estudo da viabilidade energética de amortecedores regenerativos por indução com ênfase nos carros elétricos**. 2012. 111 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.edição. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/58353>. Acesso em: 07 de julho. 2021.

PINSKY, V.; KRUGLIANSKAS, I. **Inovação tecnológica para a sustentabilidade: aprendizados de sucessos e fracassos**. Estud. av. [online]. 2017, vol. 31, n. 90, p.107-126. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/ea/v31n90/0103-4014-ea-31-90-0107.pdf> >. Acesso em 30 de jan. 2021.

POLUIÇÃO SONORA NO TRÂNSITO É PROBLEMA GRAVE E PODE CAUSAR DANOS IRREVERSÍVEIS. ANAMT (Associação Nacional de Medicina do Trabalho), 2018. Disponível em: <https://www.anamt.org.br/portal/2018/10/29/poluicao-sonora-no-transito-e-problema-grave-e-pode-causar-danos-irreversiveis/#:~:text=Impactos%20da%20polui%C3%A7%C3%A3o%20sonora%20na%20sa%C3%BAde&text=A%20exposi%C3%A7%C3%A3o%20di%C3%A1ria%20aos%20ru%C3%ADdos,de%20doen%C3%A7as%20cardiorrespirat%C3%B3rias%20%E2%80%94%20incluindo%20infartos>. Acesso em: 24 de maio. 2021.

PORTALSOLAR. **Dados do Mercado de Energia Solar no Brasil**. 2019. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html#:~:text=Em%202019%2C%20o%20mercado%20de,mil%20profissionais%20trabalhando%20na%20%C3%A1rea>. Acesso em 21 de maio. 2021.

RAIZER, L. **Sociedade e inovação: energias alternativas no Brasil e Canadá**. Tese (Doutorado em Sociologia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2011.

RATINAUD, C.; CHOW, E. Electric vehicle silence may help improve heart health and noise pollution. **Nissan Motor Corporation Official Asia & Oceania Newsroom**. Disponível em: <https://asia.nissannews.com/en/releases/electric-vehicle-silence-may-help-improve-heart-health-and-noise-pollution>. Acesso em: 24 de maio. 2021.

REQUIA, W. J. et al. How clean are electric vehicles? Evidence-based review of the effects of electric mobility on air pollutants, greenhouse gas emissions and human health. **Atmospheric Environment**, v. 185, p. 01-40, 2018.

RIBEIRO, P. F. **Desenvolvimento da indústria eólica no Brasil nos últimos 20 anos**. 2020. 82 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020.

RIBEIRO, R. Prefeitura inicia serviço de carros elétricos compartilhados. **Prefeitura São José dos Campos**, São Jose dos Campos, 2021. Disponível em: < <https://www.sjc.sp.gov.br/noticias/2019/dezembro/13/prefeitura-inicia-servico-de-carros-eletricos-compartilhados/> >. Acesso em: 01 de fev. 2021.

RICHA, K. et al. A future perspective on lithium-ion battery waste flows from electric

vehicles. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 83, p. 63-76, 2014.

ROCHA, L. H. **Carro Elétrico-Desafios para sua Inserção no Mercado Brasileiro de Automóveis**. 2013. 76 p. Dissertação para obtenção do título de Especialista em Gestão e Tecnologias Ambientais (Tese Doutoral) – Escola Politécnica - USP (Universidade de São Paulo), São Paulo. 2013.

RODRIGUES, P. P.; SUGAHARA, C. R.; DA SILVA, L. H. V. Veículos elétricos: eletrificação do transporte da Guarda Civil Municipal de São José dos Campos/SP. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 7, n. 53, 2019.

SANTOS, H. L. et al. Relação entre Poluentes Atmosféricos e suas Consequências Para A Saúde. **Intraciência Revista Científica**. Guarujá, e, v. 17, 2019. Disponível em: [http://www.uniesp.edu.br/sites/\\_biblioteca/revistas/20190312105045.pdf](http://www.uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20190312105045.pdf). Acesso em 20 de maio. 2021. Acesso em: 14 de maio. 2021.

SANTOS, L. L. et al. **Valorização da cadeia produtiva do lítio: alternativas sustentáveis para extração de lítio do espodumênio**. Natal: EDUFRN, 2020. *E-book*.

SCHIAVI, M. T. **Estudo das tendências e desenvolvimentos tecnológicos do carro elétrico n Brasil**. 2020. 216 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Sociedade) - Universidade Federal de São Carlos, Centro de Educação e Ciências Humanas, São Carlos-SP. 2020.

SHELDON, T. L.; DUA, R. Measuring the cost-effectiveness of electric vehicle subsidies. **Energy Economics**, v. 84, p. 01-08, 2019.

SILVA, B. V. F. **Diretrizes para elaboração de planos de mobilidade urbana sustentável**. 2020. 187 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. 2021.

SOVACOOOL, B. K. et al. Income, political affiliation, urbanism and geography in stated preferences for electric vehicles (EVs) and vehicle-to-grid (V2G) technologies in Northern Europe. **Journal of Transport Geography**, v. 78, p. 214-229, 2019.

STRANGUETO, K. M. **Usina fotovoltaica de 1 MWp para suprimento de veículos elétricos: estimativa da frota atendida, logística de abastecimento e emissões de CO2 evitadas**. 2012. 79 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP. 2012.

TEIXEIRA, A. C.; SOARES, P. F.; SAMED, M. M. A. Influência do ruído na valoração de imóveis urbanos. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 18949-18965, 2019.

UNIEPRO. Profissões do Futuro: Setor Automotivo – Carro Elétrico. **Unidade de Estudos e Prospectiva**. 2021. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2021/3/profissoes-do-futuro-setor-automotivo-carro-eletrico/>. Acesso em: 24 de julho. 2021.

VARGAS, V. J. E. **Análise da competitividade ambiental de veículos elétricos no Brasil no cenário atual e futuro**. 2016.131 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de

Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP. 2016.

VAZ, L. F. H.; BARROS, D., C.; CASTRO, B., H., R de. Veículos híbridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 41, p. 295-344, mar. 2015. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4284>. Acesso em: 20 de julho. 2021.

VIDYANANDAN, K. V. Overview of electric and hybrid vehicles. **Energy Scan**, v. 3, p. 7-14, 2018.

VONBUN, C. **Impactos ambientais e econômicos dos veículos elétricos e híbridos Plug-in: Uma revisão da Literatura**. 1. ed. Brasília: Ipea, 2015. 48 p. *E-book*.

XAVIER, P. C. R. **Eletroposto em Uberlândia: preparando a cidade para automóveis não poluentes**. 2019. 77 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

ZANETI, L. A. L. **Diagnóstico dos produtos e serviços complementares para a adoção dos carros elétricos e híbridos no Brasil**. 2018. 103 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina. 2018.

ZUCOLOTO, G. F.; RESPONDOVESK, W. **Inovação com impacto social: afinal, do que falamos? Boletim Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**, n. 57, p. 13- 17, Brasília: Ipea, ago. 2018. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8611/1/Radar\\_n57\\_Inova%C3%A7%C3%A3o%20com%20impacto%20social.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8611/1/Radar_n57_Inova%C3%A7%C3%A3o%20com%20impacto%20social.pdf). Acesso em: 02 jan. 2021.