

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AUDITORIA AMBIENTAL

MARCELO DA COSTA RIDELENSKY

**Veículos elétricos como alternativa para a redução de
emissões de CO₂ eq - fatores aceleradores e
desaceleradores na implementação desta tecnologia**

SANTOS
2023

MARCELO DA COSTA RIDELENSKY

Veículos elétricos como alternativa para a redução de emissões de CO₂ eq - fatores aceleradores e desaceleradores na implementação desta tecnologia

Dissertação apresentada a Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Auditoria Ambiental. sob a orientação do Prof. Dr. Aldo Ramos dos Santos.

SANTOS

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

EPÍGRAFE

*“Determinando tu algum negócio ser-te-á firme e a luz brilhará em teus caminhos”
(Jó 22:28)*

RESUMO

É iminente a possibilidade de colapso do equilíbrio ambiental do planeta. Há muitos anos já sentimos os seus efeitos e consequências do aquecimento global tendo como um dos principais contribuintes a emissão dos gases de efeitos estufa que geram grandes impactos tais como, danos a biodiversidade e sua extinção, derretimento das geleiras e aumento do nível do mar, dentre outros. E, da mesma forma causam danos à saúde humana causados pelo grande número de partículas suspensas no ar oriundas dos veículos a combustão. Sem dúvidas a cadeia logística do transporte é um dos maiores contribuidores destas emissões. O desenvolvimento de novas tecnologias, investimento e fomento nas suas implantações são ferramentas necessárias na busca pela reversão deste cenário atual de degradação ambiental. Assim sendo, este estudo objetiva verificar a viabilidade do veículo elétrico (VE) como modelo de transporte alternativo na redução dos impactos ambientais, identificando os fatores aceleradores e desaceleradores, bem como os benefícios e as dificuldades encontradas para a implementação deste modal. O presente trabalho foi desenvolvido a partir de Revisão Bibliográfica Explicativa Integrativa selecionando 13 estudos na íntegra em língua portuguesa e inglesa, atendendo ao período temporal de 2015 a 2021. Foram identificadas diferentes barreiras no processo de implantação deste veículo, tais como questões tecnológicas, de infraestrutura, cultural, econômica, governamental e até mesmo ambiental, como a necessidade de determinação de políticas que discurssem sobre o descarte e destino das baterias. Essas barreiras não inviabilizam a implantação de projetos de VE, já que seus benefícios, como a notória redução de emissões de CO₂ eq na atmosfera justificam os investimentos e alcançam o principal objetivo que é o ganho ambiental em escala mundial. Sugere-se o incentivado de estudos que realizem a análise das baterias utilizadas em veículos elétricos considerando seus riscos em carácter social, econômico, ambiental, de segurança e saúde em todo o seu ciclo de vida, desde a sua concepção na obtenção dos insumos e matérias-primas até o seu descarte final.

Palavras chaves: Carros Híbridos. Energia alternativa. Impactos Ambientais. Combustíveis Fósseis

ABSTRACT

The possibility of collapse of the planet's environmental balance is imminent. For many years now, we have felt the effects and consequences of global warming, one of the main contributors being the emission of greenhouse gases that generate major impacts such as damage to biodiversity and its extinction, melting glaciers and rising sea levels, among others. And, in the same way, they cause damage to human health caused by the large number of particles suspended in the air from combustion vehicles. Undoubtedly, the transport logistics chain is one of the biggest contributors to these emissions. The development of new technologies, investment and promotion in their implementation are necessary tools in the search for the reversal of this current scenario of environmental degradation. Therefore, this study aims to verify the viability of the electric vehicle (EV) as an alternative transport model in reducing environmental impacts, identifying accelerating and decelerating factors, as well as the benefits and difficulties encountered in the implementation of this modal. The present work was developed from an Integrative Explanatory Bibliographic Review selecting 13 studies in full in Portuguese and English, considering the time period from 2015 to 2021. Different barriers were identified in the process of implementing this vehicle, such as technological, infrastructure issues, cultural, economic, governmental and even environmental, such as the need to determine policies that discuss the disposal and destination of batteries. These barriers do not make the implementation of EV projects unfeasible, since their benefits, such as the notorious reduction of CO₂ eq emissions in the atmosphere, justify the investments and achieve the main objective, which is environmental gain on a world scale. It is suggested to encourage studies that carry out the analysis of the batteries used in electric vehicles, considering their risks in a social, economic, environmental, safety and health nature throughout their life cycle, from their conception to obtaining the inputs and materials raw materials until their final disposal.

Keywords: Hybrid Cars. Alternative Energy. Environmental Impacts. Fossil Fuels.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Primeiros modelos de veículos elétricos produzidos.....	14
Figura 2.	Primeiros modelos de veículos elétricos produzidos	14
Figura 3.	Modelo de um projeto de carro elétrico atual.....	15
Figura 4.	Ilustração de postos de abastecimento de veículos elétricos.....	21
Figura 5.	Ilustração de postos de abastecimento de veículos elétricos.....	21
Figura 6.	Exemplo de carregamento.....	21
Figura 7.	Estados brasileiros que pesquisam sobre temática do carro elétrico.....	23
Figura 8.	Volume de emissões de CO ₂ eq (MMton) no Brasil - 2010 a 2019.....	24
Figura 9.	Diferença do volume de emissões entre o carro de combustível fóssil e o carro consumidor de energia elétrica.	25
Figura 10.	Consumo de cobre na produção de veículos.....	31
Figura 11.	Entradas e Saída do processo do Ciclo de vida da bateria de VE.....	37
Figura 12.	Fluxograma de seleção dos estudos.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Características de diferentes tipos de baterias utilizadas em VE.....	20
-----------	---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Cronologia dos primeiros registros de Veículos elétricos desenvolvidos no mundo.....	14
Quadro 2.	Custos de reabastecimento para consumo residencial.....	22
Quadro 3.	Emissões em CO ₂ eq no segmento de transporte no Brasil....	25
Quadro 4.	Comparativo de emissões por tipo de motor à combustão e elétrico.....	26
Quadro 5.	Perspectiva de emissões atmosféricas e demanda de consumo de energia elétrica no Brasil até 2030.....	28
Quadro 6.	Seleção dos estudos: Título, Autores, Ano de Publicação e Universidade.....	40
Quadro 7.	Metodologias aplicadas pelos estudos selecionados.....	41
Quadro 8.	Benefícios e Acelerados da disseminação dos Veículos elétricos no Brasil. Fonte: Elaborado pelo autor.....	42
Quadro 9.	Barreiras e desaceleradores que impactam na dificuldade da disseminação dos Veículos elétricos no Brasil.....	49
Quadro 10.	Incentivos governamentais em diferentes países do mundo...	56

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
AVC	Avaliação do Ciclo de Vida
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior
CO ₂ eq	Gás Carbônico Equivalente
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
EUA	Estados Unidos da América
E-VER	Híbrido de Longo Alcance
EVCS	Veículo Elétrico de Transporte de Equipamentos
EVSE	Estação de Carregamento de Veículos Elétricos
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
GEE	Gases de Efeito Estufa
HEV	Híbrido puro
ICT	Tecnologia da Informação e Comunicação
IEA	Instituto de Economia Agrícola
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPI	Impostos sobre Produtos Industrializados
IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
LÍ-ION	Íons de Lítio
NiMH	Hidreto metálico de níquel
P&D	Projeto e Desenvolvimento
PEV	Veículos Elétricos Puros
PHEV	Híbrido Plug-in
RDC	República Democrática do Congo
RPEV	Veículos elétricos alimentados por cabos externos
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
USP	Universidade do Estado de São Paulo
VE	Veículos Elétricos
VLT	Veículos Leves sobre Trilhos
VC	Veículos à Combustão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	VEICULOS ELÉTRICOS – DA IDEIA A POSSIBILIDADE.....	13
1.2	OS VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL.....	15
1.2.1	Dependência - <i>Lock in e path dependence</i>.....	16
1.3	CARACTERÍSTICAS DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	17
1.3.1	Tipos	17
1.3.2	Baterias.....	18
1.3.3	Postos de carregamento das baterias	20
1.3.4	Desenvolvimento de pesquisas no Brasil.....	22
1.3.5	Benefícios Ambientais na implantação do carro elétrico.....	23
1.4	MATRIZ ENERGÉTICA.....	26
1.5	DESCARTE DAS BATERIAS.....	28
1.6	MATÉRIAS PRIMAS (RECURSOS NATURAIS)	30
1.7	IMPACTOS AMBIENTAIS: VE X VC.....	33
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
3	RESULTADOS.....	39
4	CONCLUSÃO.....	59
	COMPROVANTE DE ATUALIZAÇÃO DO CURRÍCULO LATES.....	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A cadeia de Transportes é o setor da economia que mais consome petróleo no mundo, sendo um dos principais responsáveis pelas emissões de CO₂ eq (ZANETTI, 2018). A utilização dos combustíveis fósseis, tais como o petróleo e o carvão, para geração de energia elétrica e energia para mover os carros estão causando alguns problemas e preocupação por parte dos tomadores de decisão acerca de políticas públicas ao redor do mundo (LUNA et al, 2019).

Com relação especificamente ao nicho do transporte, as dificuldades esbarram numa cadeia muito bem estruturada e cultural enraizada no mundo.

Então, como implantar projetos que renunciem ao consumo de combustíveis fósseis, num momento em que a sociedade é dependente da produção de petróleo e do consumo de seus produtos? Como mudar uma cultura econômica tão centralizada e difundida? Como implantar projetos sustentáveis que eliminem o consumo desses combustíveis? Como preparar os ambientes e a cadeia produtiva para o recebimento desses novos projetos?

A agenda ambiental e a conseqüente pressão para a adoção de práticas mais sustentáveis e com menor impacto ao meio ambiente vêm impondo à indústria automobilística global a necessidade de adoção de novas tecnologias alternativas às tradicionais (MORAES, BARASSA E CONSONI, 2016).

No universo dos projetos sustentáveis, apesar de um passado malsucedido, o veículo elétrico desponta agora como o futuro da mobilidade, pelas diferentes preocupações do século. Conforme Zaneti (2018) “a nova conjuntura de preocupações com as mudanças climáticas e com os recursos finitos de energia, transformam a história, e ganham ainda mais destaque com os grandes avanços na tecnologia”.

Cada vez mais presentes em países como Estados Unidos, China e na Europa, em geral, veículos elétricos poluem menos e são mais silenciosos, econômicos e possuem melhor desempenho do que os modelos convencionais (WWF- BRASIL, 2017).

Numa previsão mais otimista o estudo de Arbib e Seba (2017) sugere que “Ônibus, carros e caminhões que utilizam combustíveis fósseis serão extintos até 2025, acarretando na redução da precificação do petróleo e acabando com a indústria petrolífera mundial, prejudicando diversos países que dependem dessa commodity”.

Este estudo visa identificar através de uma revisão bibliográfica explicativa qualitativa as barreiras e desaceleradores e, benefícios e dificuldades encontradas no mundo e no Brasil, para a implantação de frotas de veículos elétricos que substituem o consumo de combustíveis fósseis pelo consumo de energia elétrica.

1.1. VEÍCULOS ELÉTRICOS – DA IDEIA A POSSIBILIDADE.

A eficiência energética e preservação do meio ambiente tornam-se bases para o alcance da sustentabilidade. Essas novas preocupações surgem em um planeta cada vez mais populoso, com mais de 7 bilhões de pessoas (ZANETI, 2018).

Dentre os diversos projetos de interesse mundial como opção factível na redução das emissões atmosféricas, sem dúvida, àqueles relacionados à substituição das frotas de veículos à combustão (VCs) pelos veículos elétricos (VEs) são um dos que mais geram expectativas.

A partir de 1828, quando o engenheiro, físico e sacerdote Anyos István Jedlik criou o primeiro modelo, desenvolveu uma pequena locomotiva movida por dois ímãs aproximadamente em 1834-1835. Não era o carro elétrico exatamente, mas serviu para ajudar a desenvolver o bonde elétrico (FEREGUETTI, 2019).

Em uma breve cronologia citada por Fereguetti (2019):

- Em 1900, os VEs ganharam ampla popularidade, somando 38% de todos os veículos nas ruas dos EUA, comparados com 22% movidos a gasolina.
- Gaston Planté inventou a bateria recarregável de chumbo ácido em 1859
- Camille Faure inventou a bateria básica de chumbo ácido em 1881 – utilizada para alimentar submarinos e iluminar Paris (a cidade Luz).
- Em 1908, a produção em série do Ford Model T abaixou o custo dos Veículos a gasolina, reduzindo em um terço do preço de um carro elétrico.
- Na década de 1920, os VEs perderam valor de mercado e os Veículos a gasolina dominaram o mercado em função de: aumento dos postos de gasolina, construção de um sistema de rodagem desenvolvido permitindo viagens de longas distâncias e as descobertas domésticas de petróleo. Os elétricos eram mais silenciosos e mais fáceis de operar, porém, tinham a baixa capacidade de carga da bateria, com dirigibilidade de 50 a 65 km e infraestrutura de carga limitada, o que o tornava impróprio para longas viagens, apenas alguns poucos norte-americanos fora das cidades tinham acesso à eletricidade naquela época.

- Em 1935, os Veículos elétricos foram extintos.

As Figuras 1 e 2 ilustram Veículos utilizados no início do século 20.



Figura 1 e 2 – Primeiros modelos de Veículos elétricos produzidos.
Fonte: Figura1 - Revista Clima Info, 2017. Figura 2 Emilio Parme, 2012.

É difícil traçar uma cronologia dos eventos relacionados ao desenvolvimento de projetos de Veículos elétricos, mas Zaneti (2018) traça um breve histórico, conforme observa-se no Quadro 1.

Quadro 1 – Cronologia dos primeiros registros de Veículos elétricos desenvolvidos no mundo.

Ano	Responsável	Nacionalidade	Invenção
1828	Anyos Jedlik	Húngaro	Protótipo de carro com um primitivo motor elétrico
1832	Robert Anderson	Escocês	Protótipo de carro elétrico com uma bateria não recarregável
1834	Thomas Davenport	Americano	Motor de corrente contínua
1835	Sibrandus Stratingh de Groningen e Christopher Becker	Holandês	Modelo prático de carro elétrico com bateria não recarregável
1838	Roberto Davidson	Escocês	Construiu uma locomotiva elétrica
1881	William Ayrton e John Perry	Britânico e Irlandês	Modelo prático de carro elétrico com bateria chumbo-ácida
1890	William Morrison	Escocês	Carro elétrico de quatro rodas de sucesso nos EUA (poderia transportar até 6 pessoas)
1899	Camille Jenatzy	Belga	Carro elétrico a alcançar 100KM/H
1901	Thomas Edison	Americano	Modelo prático de carro elétrico com bateria de níquel-ferro

Fonte: ZANETI, 2018.

Já contemporaneamente, a figura 3 apresenta um modelo de carro elétrico produzido nos anos atuais.



Figura 3 – Modelo de um projeto de carro elétrico atual.
Fonte: HIGH TECH, 2018.

1. 2. OS VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL

Os primeiros registros de Veículos elétricos remontam 2 séculos, contudo a implantação de Veículos elétricos e híbridos no Brasil ainda é tímida e desfavorecida pela regionalização, falta de incentivos dentre outros.

De acordo com a IEA, um total de 3 milhões de veículos elétricos foram vendidos no mundo em 2020, volume recorde. Na comparação com 2019, o aumento foi de 41%. Assim, a agência diz que a frota circulante já supera os 10 milhões de Veículos hoje, com mais 1 milhão de ônibus, vans e caminhões totalmente elétricos (OLIVEIRA, 2021).

No Brasil, o mercado de produção de veículos automotores é um dos mais importantes para a economia nacional, no entanto, é um setor que precisa de constantes mudanças e evoluções tecnológicas.

E nesse cenário de mudanças, observa-se que os veículos elétricos no Brasil têm começado a figurar nas vendas, inserindo-o como uma clara oportunidade para o ressurgimento de projetos de empreendedorismo, derivadas principalmente da preocupação atual existente pelo cuidado do meio ambiente e o consumo de energias renováveis nos transportes (SCHIAVI, 2020).

1.2.1 Dependência - *Lock in e path dependence*

Apesar do crescimento de vendas do VE no Brasil, é necessário superar o estado de aprisionamento (*lock-in*) que se sustenta na utilização de combustíveis fósseis como por exemplo o petróleo ficando num estado de dependência de uma mesma tecnologia chamada de *path-dependence*.

O *lock in* é a dependência que tem origem na complexidade de se mudar de uma tecnologia para outra, em virtude de altos custos de mudança (de aprendizado ou financeiros) e das circunstâncias históricas que provocaram a opção da tecnologia (SILVA,2019).

Conforme Silva (2019) analisando o mercado automobilístico, a situação de *lock-in* na tecnologia do motor a combustão em prejuízo do motor elétrico foi estabelecida graças à evolução dos investimentos no carro a gasolina. Os interesses específicos e políticos do setor petrolífero e as vantagens já estabelecidas da indústria do petróleo e da rede de produção dos veículos a gasolina distanciaram ainda mais os Veículos a eletricidade dos investimentos da indústria automobilística.

Um exemplo do *lock in* é a dependência mundial da economia à matriz energética do petróleo. No entanto, segundo Silva (2019) “essa dependência vem perdendo relativamente espaço para a matriz elétrica, com o ganho de visibilidade do carro elétrico, graças ao avanço tecnológico e às questões ambientais, fato que auxilia na redução dos danos ao meio ambiente.”

Aprofundando neste conceito para o sistema automotivo de motores à combustão, o estado de *path-dependence* caracteriza-se pela exclusão das tecnologias concorrentes. Ao passo que a tecnologia dominante vai se consolidando, os custos de transação de uma tecnologia para outra aumentam e faz com que os produtores e fabricantes descartem as demais possibilidades tecnológicas. E foi exatamente isso que aconteceu com os veículos movidos a propulsão elétrica (MORAES, BARASSA E CONSONI, 2016).

Dessa forma, para evitar o processo de *lock in* e para o Brasil ser considerado um importante *player* do mercado automobilístico, não sendo apenas um produtor de autopeças, mas também desenvolvedor de produtos que possam ser comercializados em todo o mundo, deve considerar a hipótese de desenvolver competências tecnológicas específicas para o veículo elétrico (VE) (DE MELLO *et al.*, 2013 apud MATEUS, 2021).

A WWF-BRASIL (2017) ressalta também:

“a importância em se criar condições para o desenvolvimento do mercado no Brasil por meio de incentivos à oferta e à demanda de veículos elétricos e híbridos, o que contribuirá com a redução de preços e à geração de emprego e renda no Brasil, tais como: redução do IPI, redução do IPVA, incorporação de estilos, adoção de veículos elétricos e híbridos, realização de campanhas de conscientização, incorporação de infraestrutura elétrica nos novos projetos de novos edifícios, definição de padrões para os sistemas de recarga, isenção de rodízio, implantação de inspeção visual, aumento de investimentos em pesquisa”.

Estes incentivos envolvem estímulos de natureza tributária, o que implica em renúncia fiscal por parte dos governos. Apesar disso, essa renúncia é compensada pelos menores gastos com a diminuição de mortes, internações e perda de produtividade provocadas por doenças causadas pela poluição.

1.3. CARACTERÍSTICAS DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS.

1.3.1 – Tipos

Com relação a definição, Antunes (2018) estabelece que Veículos elétricos (VEs ou EVs, da sigla em inglês *Electric Vehicles*) são aqueles que utilizam um ou mais motores elétricos, em parte ou completamente, para propulsão.

Com relação a tipificação, os Veículos elétricos - VEs são separados em 4 diferentes tipos de motores sendo classificados em (FGV Energia, 2017; Antunes (2018):

- Veículos elétricos puros (BEVs) - fonte principal de energia é a eletricidade proveniente de fontes externas armazenada em uma bateria interna, que alimenta o motor elétrico e propulsiona as rodas. Usam exclusivamente a eletricidade como combustível - veículos all-electric.
- PEVs - VEs híbridos - utilizam ambos os motores - elétrico e à combustão interna para propulsão. Utilizam apenas o motor elétrico para mover o carro, com o motor à combustão interna fornecendo eletricidade ao motor elétrico) ou paralelo (utilizam ambos os motores para propulsão).

São de 3 tipos:

- Híbrido puro (HEV) - a função do motor elétrico é apenas melhorar a eficiência do motor à combustão interna ao fornecer tração em baixa potência;
- Híbrido Plug-in (PHEV) recebem eletricidade diretamente de uma fonte externa e garante maior autonomia quando comparado com o PEV;
- Híbrido de longo alcance (E-VER) é um híbrido do tipo em série: o motor principal é o elétrico – que é alimentado diretamente por uma fonte elétrica externa – com o motor à combustão interna fornecendo energia a um gerador, que mantém um nível mínimo de carga da bateria.
- Veículos elétricos movidos a célula de hidrogênio (FCEV) combinam hidrogênio e oxigênio para produzir a eletricidade que fará funcionar o motor. A conversão do gás de hidrogênio em eletricidade produz somente água e calor como subprodutos, ou seja, não apresentam emissões de escape, possuindo autonomia similar aos veículos movidos a gasolina ou a diesel (300-500 km).
- Veículos elétricos alimentados por cabos externos (RPEV – *Road Powered Electric Vehicle*) recebem a eletricidade através de cabos externos diretamente conectados, estejam eles acima do veículo – como os *trolley buses* (trólebus) e caminhões em portos e estradas eletrificadas – ou abaixo – como os Veículos Leves sobre Trilhos (VLTs).

Os veículos elétricos oferecem vários benefícios para seus proprietários e para a sociedade em geral. Para os proprietários, como a diminuição dos custos de manutenção, já que carros elétricos tem menos partes móveis e não há o desgaste proveniente do sistema de combustão. Sendo o custo de manutenção do VE 28% mais baixo que um veículo convencional (WWF Brasil, 2017).

1.3.2 – Baterias

Ao se tratar sobre a energia armazenada, os VEs possuem baterias químicas que armazenam a eletricidade necessária para acionar o motor e mover o veículo. Com relação as baterias para VEs é o dispositivo que armazena energia e alimenta o veículo ou o motor elétrico para posterior geração de movimento (SILVA e RODRIGUES, 2020). Destaca-se que a autonomia (distância percorrida por recarga) de cada VE depende do tipo e modelo em questão (FGV Energia, 2017).

O recarregamento desta energia depende da estruturação de uma infraestrutura de recarga indispensável. Há uma relação direta e proporcional entre a inserção dos VEs no mercado e o tipo de infraestrutura desenvolvida.

Existem diferentes tipos de baterias, a depender do tipo de VE: Hidreto metálico de níquel – Ni-MH, Íons de lítio – Li-ion, Cloreto de sódio e níquel – Na-NiCl₂ e PHEVs⁴² (FGV Energia, 2017).

Segundo Silva e Rodrigues (2020) as baterias podem ainda, de acordo com seu carregamento, serem classificadas em recarga:

- Lenta - mais econômica, pois a potência empregada é baixa, para a recarga de uma bateria de um VE tradicional, é suficiente a potência de uma tomada doméstica;
- Rápida: tempo de recarga entre uma e duas horas, lembrando que o aumento da taxa de recarga implica um aumento da corrente de recarga, cabos de maior seção e maior potência do posto de abastecimento, não condizentes com a maioria das residências;
- Troca Rápida: bateria descarregada é substituída por outra carregada;
- Movimento: Prevista para estradas automatizadas, o veículo deve ser dirigido em uma faixa de rolagem específica, onde um barramento transfere energia ao veículo, por indução ou por contato.

Santos *et al* (2020) consideram que tanto os veículos do tipo plug, quanto os híbridos podem ser fabricados com diferentes tipos de baterias que ainda apresentam algumas restrições como custo, autonomia e vida útil, mas continuam sendo aprimoradas podem ser desenvolvidas a partir dos seguintes materiais: Hidreto Metálico de Níquel, Chumbo-ácido, Sal fundido do tipo Zebra, Íon-lítio, Íon-lítio-cobalto etc. A Tabela 1 apresenta algumas diferenças entre essas baterias:

Tabela 1 – Características de diferentes tipos de baterias utilizadas em VE.

Tipo	Custo	Características	Vida útil
Hidreto metálico de Níquel	Elevado	Altamente resistente Não são descarregadas por completo	10 anos
Chumbo ácido	Elevado	Componentes perigosos para reciclagem – chumbo e ácido sulfúrico. Tecnologia ultrapassada	Curto
Zebra Battery Research Africa Project	Acessível	Limitação aquecimento mínimo – 270° C e desenvolvidas por único fornecedor. Não possui materiais tóxicos.	---
Íon-Lítio	Elevado	Mais leve Baixa toxicidade	Alto armazenamento energético

Fonte: SANTOS *et al* (2020). Adaptado pelo autor.

A demanda por baterias de lítio (Li) para veículos elétricos aumentará cerca de 32,4 % até 2023, quando comparado aos dados obtidos em 2017. O preço da bateria por kilowatt/hora sofreu uma queda de cerca de 98% em 2021, quando comparado a dados dos anos 1990. Nos dias atuais a bateria pode chegar a UU\$140 a unidade; se, o preço chegar a U\$100 a unidade, a produção de Veículos elétricos passará a apresentar uma viabilidade econômica muito competitiva em relação aos Veículos mantidos à combustão (SOARES, 2021).

Um estudo conduzido por Zackrisson, Avellán e Orlenius (2010) aponta que a bateria de íon-lítio para um veículo elétrico híbrido tem a capacidade de suportar 3.000 ciclos de cargas, com uma descarga máxima de 80%, que dá aproximadamente uma vida útil de 200.000 Km.

1.3.3 – Postos de carregamento das baterias

As Estações de recarga (também conhecidas como eletropostos, pontos de recarga, *Electric Vehicle Supply Equipment – EVSE* ou *Electric Vehicle Charging Station – EVCS*) fornecem eletricidade para recarregar as baterias de um VE a partir de uma fonte de energia elétrica, comunicando-se com ele para assegurar que um fluxo adequado e seguro de eletricidade seja fornecido. Estes pontos de recarga devem estar distribuídos em áreas públicas e privadas (FGV Energia, 2017). As

Figuras 4 e 5 apresentam dois exemplos de postos de abastecimento que devem ser implantados no Brasil.



Figura 4 e 5 – Ilustração de postos de abastecimento de Veículos elétricos.
 Fonte: Figura 4 - Pequenas Empresas e Grandes Negócios, 2017. Figura 5 – Passos, 2021.

As baterias são recarregadas ao se conectar o veículo a uma fonte de eletricidade externa. A figura 6 apresenta um exemplo de uma estação de carregamento adequada para VEs, indicando inclusive conectores e acessórios necessários.

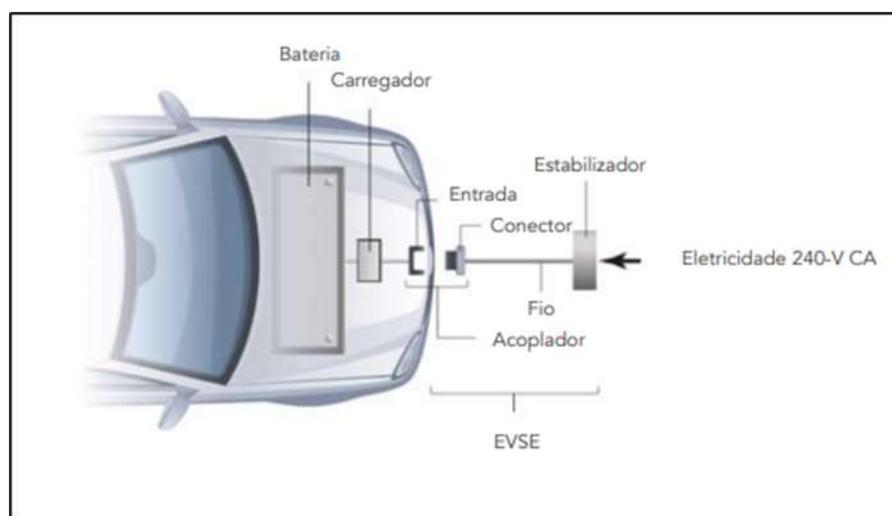


Figura 6 – Exemplo de carregamento.
 Fonte: US Departamento of Energy (2015) citado por FGV Energia (2017).

De acordo com Zanetti (2018), no Brasil a ausência do desenvolvimento dos ativos complementares (postos de carregamento e baterias) interferem negativamente, ou seja, quanto mais a inovação for compatível com a situação

preexistente, maior a probabilidade de sua adoção, e quanto mais complexa as mudanças envolvidas na inovação, menor a probabilidade de adoção.

Os custos de reabastecimento do VE comparado com o veículo a combustão são inferiores, ou seja, o gasto com combustível de um veículo elétrico é cerca de metade do gasto com um veículo abastecido com gasolina ou etanol, conforme pode-se verificar no quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – Custos de reabastecimento para consumo residencial.

Combustível/distância	400 Km	10 mil Km	20 mil Km
Gasolina	R\$ 131,80	R\$ 3.294,90	R\$ 6.589,80
Etanol	R\$ 133,25	R\$ 3.331,31	R\$ 6.662,62
Eletricidade	R\$ 70,67	R\$ 1.766,80	R\$ 3.533,60

Fonte: WWF- Brasil (2017) apud Brajtermann (2016) e ANEEL e ANP (2017).

WWF-Brasil (2017) destaca que a disponibilidade de infraestrutura de recarga dos veículos também é fundamental para viabilizar o uso dos veículos elétricos entre os usuários comuns. Ainda que os carros elétricos possam ser recarregados em casa – uma facilidade que os veículos a combustão interna não possuem – é preciso haver pontos de recarga (eletropostos) em áreas públicas e privadas nos destinos e rotas de maior movimento.

1.3.4 – Desenvolvimento de pesquisas no Brasil

As pesquisas são instrumentos importantes na implantação de qualquer projeto, seja em qual for a área escolhida. Com relação a introdução do carro elétrico observa-se uma carência no desenvolvimento de pesquisas sobre a área.

Segundo Schiavi (2020) em seu estudo elaborado no ano de 2018, no Brasil, dos 27 estados brasileiros, 20 possuíam estudos em andamento no ano de 2018, totalizando 600 para todo o território. No entanto, observa-se que o desenvolvimento dos estudos é centralizado na região sudeste, sendo que 37,8% do total está localizado no estado de São Paulo.

A figura 7 indica que as pesquisas são desenvolvidas na sua maioria em estados mais industrializados, sendo carente o desenvolvimento desses estudos em outras regiões do país.

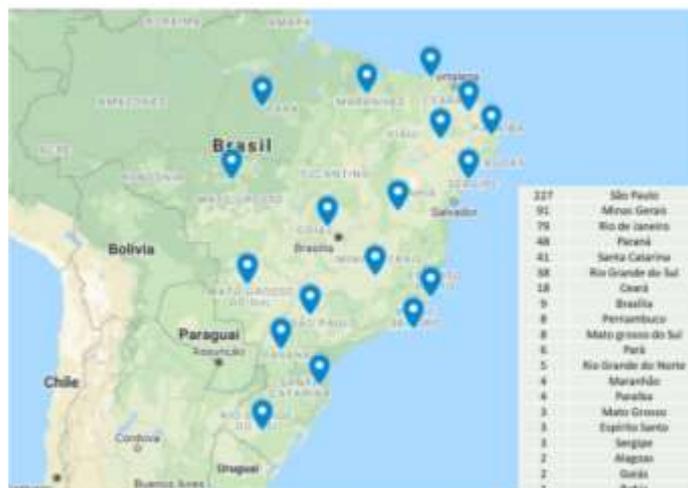


Figura 7 – Estados brasileiros que pesquisam sobre temática do carro elétrico.
Fonte: Schiavi, 2020.

1.3.5 – Benefícios Ambientais na implantação do carro elétrico.

Muitas incertezas ou dúvidas quanto benefícios e impactos ambientais recaem sobre a cadeia produtiva dos VEs, como o destino dos resíduos gerados por ela, a necessidade da disponibilidade de uma matriz energética renovável bem consolidada e acessível, uso de minerais não renováveis para a fabricação das baterias, redução do ruído, assim como a constatação da redução de emissões de CO₂ eq.

No que concerne as emissões atmosféricas, os benefícios ambientais que os VEs agregam na redução dos gases de efeito estufa (GEE).

De acordo com Azevedo (2018) quanto maior a concentração desses gases no ar, menor é a qualidade da respiração dos seres vivos aeróbios, àqueles que necessitam de oxigênio na respiração e maior é a alteração climática que ela pode causar.

Os veículos elétricos movidos a baixas emissões de eletricidade oferecem o maior potencial de descarbonização para o transporte terrestre. Muitas estratégias de mitigação no setor dos transportes teriam vários benefícios, incluindo melhorias na

qualidade do ar, benefícios para a saúde, acesso equitativo aos serviços de transporte, redução do congestionamento e redução da procura de materiais (IPCC, 2022).

Segundo dados do IPCC (2022) em 2019, o total das emissões mundiais de GEE – Gases de Efeito Estufa antropogênicas (àquelas produzidas por atividades humanas) líquidas podem ser representadas percentualmente da seguinte forma: 34% [20 GtCO₂ eq] provenientes do setor do fornecimento de energia, 24% [14 GtCO₂ eq] da indústria, 22% [13 GtCO₂ eq] provenientes da agricultura, silvicultura e outros usos de terras, 15% [8,7 GtCO₂ eq] dos transportes e 6% [3,3 GtCO₂ eq] dos edifícios.

De acordo com o Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa - SEEG (2020) sobre dados gerados entre 2010 e 2019, no Brasil, as emissões oriundas da cadeia de logística de transportes têm permanecido constantes na média de 2% ao ano, considerando o transporte de carga e passageiros conforme ilustrados na Figura 8 a tendência na última década.

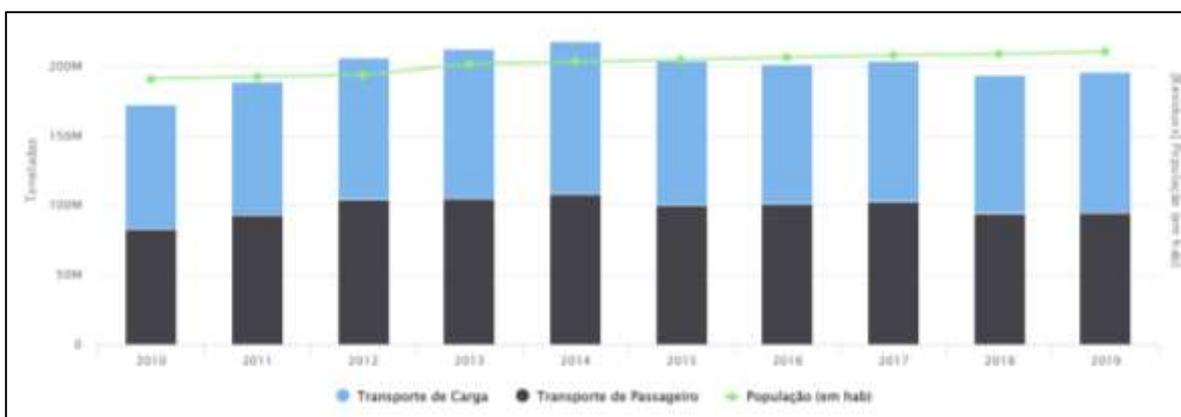


Figura 8 – Volume de emissões de CO₂ eq (MMton) no Brasil - 2010 a 2019.
Fonte: SEEG, 2020.

Através dos painéis do SEEG (2020) é possível identificar, conforme apresentado no Quadro 3, o volume de emissões distribuídos para o transporte de carga e passageiros entre os anos de 2015 e 2019, no Brasil, constatando que em média as emissões aumentaram ou reduziram 2%, mantendo-se quase num estado de inércia.

Quadro 3 – Emissões em CO₂ eq no segmento de transporte no Brasil.

TRANSPORTE	2015	2016	2017	2018	2019
Carga	103.458.969	100.726.059	101.050.476	99.505.716	101.389.571
Passageiro	100.378.652	100.901.752	102.536.465	94.386.982	94.445.041
Total	203.837.621	201.627.811	203.586.941	193.892.698	195.834.612

Fonte: SEEG (2020).

O uso de alternativas de tecnologias de baixas emissões de GEE podem reduzir as emissões do setor dos transportes nos países desenvolvidos e limitar o crescimento das emissões nos países em desenvolvimento (IPCC, 2022).

De acordo com Sanches (2021) as emissões totais do veículo a combustão representam 28.868,19 kgCO₂ eq, enquanto as emissões totais do carro elétrico representam 12.932,56 kgCO₂ eq. Incluindo a produção e reciclagem da bateria no Brasil e equivalendo a redução do impacto ao longo do ciclo de vida dos VEs a redução de emissões em comparação com os mesmos processos do veículo à combustão equivalem a aproximadamente 50 %, conforme verifica-se na figura 9.

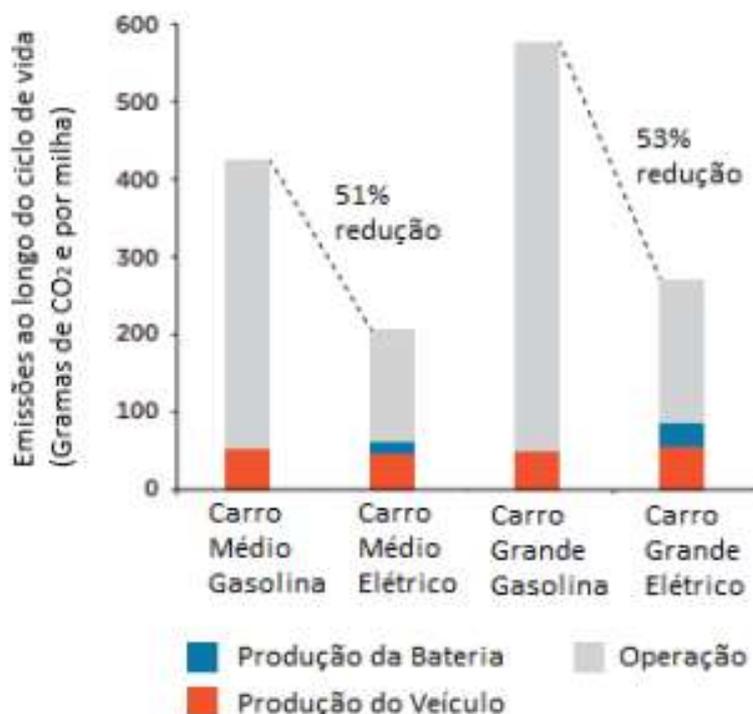


Figura 9 – Diferença do volume de emissões entre o carro de combustível fóssil e o carro consumidor de energia elétrica.

Fonte: ZANETI, 2018 apud SCIENTIST, 2015.

A WWF- Brasil (2017) em seu estudo faz um comparativo entre diferentes modelos de motores, comparando as emissões emitidas por veículos à combustão bastante difundidos no mercado brasileiro e veículos elétricos de dois tipos diferentes. De acordo com esse estudo representado pelo quadro 4, observa-se que os Veículos Híbridos apresentam redução das emissões de forma significativa, quando comparados aos veículos à combustão, e os VEs indicam zero emissões de CO₂ eq.

Quadro 4 – Comparativo de emissões por tipo de motor à combustão e elétrico.

			
<i>Peugeot 208 1.0</i>	<i>Toyota Corolla 2.0</i>	<i>Toyota Prius</i>	<i>BMW i3**</i>
veículo mais econômico do Brasil*	um dos sedãs mais vendidos	veículo elétrico híbrido mais barato do Brasil	veículo elétrico plug-in mais barato do Brasil
85 g CO ₂ /km	118 g CO ₂ /km	71 g CO ₂ /km	0 g CO ₂ /km
0,75 g CO/km	0,452 g CO/km	0,038 g CO/km	0 g CO/km
0,032 g NO _x /km	0,016 g NO _x /km	0,006 g NO _x /km	0 g NO _x /km

Fonte: WWF – Brasil, 2017.

McGuthrie (2022) diz que “apesar dos VEs oferecerem uma experiência mais limpa e de menor emissão para os consumidores, céticos têm criticado as práticas de mineração, fabricação e carregamento necessárias para suas baterias”. No entanto, ele cita o estudo da Universidade de Yale, o qual constata que as emissões indiretas de VEs, da matéria-prima ao mercado, são muito menores do que as de veículos que queimam combustíveis fósseis.

1.4. MATRIZ ENERGÉTICA

Com relação a matriz energética brasileira, de acordo com Campos (2018) é majoritariamente baseada em fontes renováveis, sendo a maior delas a hidráulica, no entanto recentemente o Brasil vem enfrentando longos períodos de estiagem, o que traz uma incerteza quanto à disponibilidade do principal recurso gerador de energia elétrica no país: a água.

Longuinho (2021) afirma que o Brasil no ano de 2021 enfrentou uma das piores crises hidrelétricas se nos basearmos em dados históricos.

A Agência Nacional das Águas – ANA atendendo a um pedido do CMSE (Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico), a ANA (Agência Nacional de Águas) declarou em junho de 2021 situação hídrica crítica na bacia do Rio Paraná, abrangendo parte dos territórios de 5 estados – Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná, podendo definir condições transitórias para a operação de reservatórios ou sistemas hídricos específicos (RODRIGUEZ, 2021). Longuinho (2021) destaca que a recuperação das reservas hídricas brasileiras será determinante para o atendimento aos usos múltiplos da água no país no período seco do próximo ano, incluindo a geração hidrelétrica. Desde 2012, diferentes regiões brasileiras enfrentam situações de escassez hídrica, que são monitoradas pela ANA, estão sendo tomadas ações para determinação de regras para o uso das hidrelétricas, como é o caso da Bacia do Paraná; a Bacia do Rio São Francisco já é administrada no novo modelo e por isso hoje encontra-se em condições mais confortáveis.

Mas, pensando no uso da demanda de geração elétrica para projetos como os Veículos elétricos faz-se necessário um estudo abrangente da diversificação da matriz energética disponível em todas as regiões do país e o incentivo em desenvolvimento de outras fontes energéticas renováveis, para atendimento de grandes demandas, inclusive que considerem a energia não só do consumo, mas também para a produção desses automóveis. Campos (2018) diz que de acordo com a diversificação de uma matriz energética há a redução do risco global de suprimentos. O uso de fontes renováveis se apresenta como uma alternativa estratégica para tal diversificação, posto o grande potencial apresentado pelo Brasil, bem como sua experiência positiva.

Prevê-se que até 2030 o aumento do consumo de eletricidade seria de 42,5 TWh, o equivalente a 4,5% do consumo brasileiro. Ademais, a eletricidade adicional necessária pode ser produzida com impacto menor que a produção de gasolina, proveniente do petróleo, um recurso fóssil não renovável (WWF-BRASIL, 2017).

Considerando o aumento de veículos elétricos em 2%, 25% e 50% até 2030 no Brasil, verifica-se no quadro 5 a demanda do consumo de gasolina e energia elétrica e respectivamente o aumento de emissões evitadas e de demanda de energia elétrica.

Quadro 5 – Perspectiva de emissões atmosféricas e demanda de consumo de energia elétrica no Brasil até 2030.

Participação dos veículos elétricos entre os veículos de passeio	Consumo de gasolina (bilhões de litros)	Emissões evitadas (milhões tCO ₂ eq)	% da meta de emissões brasileira	Aumento no consumo de eletricidade (TWh)	% da demanda brasileira
2%	59,1	–	–	–	–
25%	45,5	30	2,50%	42,5	4,50%
50%	30,7	62,7	5,20%	88,9	9,50%

Fonte: WWF-Brasil, 2017.

O investimento e incentivo de projetos que diversifiquem a matriz energética renovável no Brasil são iminentes e imprescindíveis, assim como deve-se utilizar o potencial de geração solar, eólicos, geotérmico e das marés, ou até mesmo a geração a partir da utilização do biogás.

Para McGuthrie (2022) “as práticas de energia renovável e descarbonização estão se tornando cada vez mais populares, o que levará a menores emissões de carregamento e produção nos próximos anos”.

É necessária mudança no paradigma do setor elétrico, objetivando minimizar custos e impactos ambientais, maximizar a confiabilidade e a estabilidade do sistema, tornando-o mais eficiente e interativo, diferentemente em cada país ou região (ZANETI, 2018).

1.5. DESCARTE DAS BATERIAS

Outra questão bastante discutida e relevante para a implantação e disseminação da indústria automobilística elétricas são os impactos gerados pela bateria dos VEs, no sentido ambiental, seu descarte e reciclagem.

O descarte e a reciclagem corretas das baterias será um assunto vital no desenvolvimento dessas tecnologias (SOARES, 2021).

A importância do processo de reciclagem dessas baterias se torna imprescindível no processo de implantação do VE no Brasil. Santos *et al.* (2020) classifica as empresas de baterias, por suas áreas de atuação: (1) empresas de exploração de lítio, (2) produtoras de baterias de íons de lítio e veículos elétricos e, (3) empresas de reciclagem.

A carga cumulativa de resíduos de veículos elétricos será substancial e estudos de descartes sustentáveis desses materiais oferecem uma alternativa aos imensos impactos ambientais esperados (SOARES, 2021).

Além da coleta, a reciclagem de baterias de íons lítio é particularmente complicada em função da variedade de tipos de materiais e composições químicas que constituem cada eletrodo. De fato, os materiais ativos encontram-se sob a forma de pó, os coletores na forma de placas metálicas, o eletrodo é um solvente não aquoso em que lítio é solúvel, além da presença de plásticos de diferentes tipos, papel etc, (GAINES, 2014).

No estudo de Aranha (2018), ele aborda que a bateria recarregável de um protótipo de ônibus híbrido em desenvolvimento no Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da COPPE/UFRJ apresenta as seguintes características para reciclagem:

- Frações principais da bateria enviadas diretamente para reciclagem - plásticos (24%), alumínio metálico nas placas (6%) e cobre metálico nas placas (10%).
- Material ativo sob a forma de pó revestindo o cátodo) - 28% do peso total da bateria, requer tratamento. Composição: fosfato misto de ferro contendo lítio e supostamente dopado com ítrio, contaminado principalmente por alumínio, manganês e flúor.
- O material ativo sob a forma de pó revestindo o anodo - 15% do peso total da bateria, requer tratamento. Composição: grafite/carbono e lítio, contaminado por flúor e potássio.
- Eletrólito não foi recuperado - 17% do peso total da bateria.

Apesar do alto índice de reciclagem desta bateria, o seu processo é perigoso. O modo de separação dos componentes necessita de uma atenção extra, pois as células eletroquímicas possuem uma grande variedade de composições físicas e químicas. As baterias automotivas atualmente são desmanchadas a mão e necessitam de grande conhecimento técnico (SOARES, 2021).

Aranha, 2018 enfatiza que há riscos em função da possibilidade de fogo e explosão devido ao lítio e ao solvente não aquoso. Tentativas de abri-las podem expor as baterias à umidade do ar, provocando reações violentas. Na etapa crítica de abertura mecânica da pilha (trituração, moagem), os processos empregam o elemento químico argônio na forma líquida ou fornos com alta taxa de ventilação

Atualmente, os elementos de lítio são destinados à escória (como resultado do processo de neutralização por fusão térmica do resíduo), e utilizado como agregado em canteiros e pavimentos com relação às questões negativas geradas por essa bateria. No entanto a sua versão com o cobalto possui grande potencial energético, torna-se preocupante o possível impacto ambiental negativo em decorrência a extração de cobalto, principalmente com a crescente demanda do mercado de VEs (NASTARI, 2018).

É relevante a discussão sobre os reais impactos positivos em termos ambientais de uma possível substituição da frota por este tipo de veículo, levando em consideração principalmente as estratégias e exigências para o reuso ou descarte dessas baterias e a adequação do Brasil neste cenário (SANTOS *et al.*, 2020).

A bateria retirada de um VE, pode ainda ter uma vida útil de dez ou mais anos quando gerenciadas adequadamente, pois podem ser recondicionadas. A sobrevida, ou segunda vida das baterias, possuem grande potencial para suportar a rede elétrica por anos após sua vida útil no VE, permitindo emissões mais baixas no ciclo de vida, já que não há nesse momento as emissões para a produção da bateria e nesse contexto, aumentando a vantagem do ciclo de vida dos VE em relação aos veículos com motor de combustão, no que diz respeito a redução das emissões (ARANHA, 2017).

Para o IPCC (2022) os avanços nas tecnologias de baterias poderiam facilitar a eletrificação dos caminhões pesados e complementar os sistemas ferroviários elétricos convencionais.

1.6. MATÉRIAS PRIMAS (RECURSOS NATURAIS)

A produção de baterias de íons de lítio requer a extração e refinação de metais de terras raras, e consome muita energia devido ao alto calor e às condições estéreis envolvidas. Ademais, a maior parte das baterias de íons de lítio empregada em VE são produzidas no Japão e na Coreia do Sul aproximadamente 25% a 40% da geração de eletricidade depende do carvão (ARANHA, 2018).

Há cada vez mais preocupações com os minerais críticos necessários para as baterias (IPCC, 2022), como o lítio é um elemento raro (SOARES, 2021) de se encontrar na natureza, a reciclagem desse componente é de muito interesse para indústria, pois traz um grande potencial econômico.

WWF-BRASIL destaca que o uso de baterias em larga escala de forma sustentável envolve duas questões: a demanda por matéria-prima na sua produção e o descarte delas ao fim da sua vida útil. A principal limitação na produção de baterias em larga escala é o lítio, um metal alcalino cuja demanda pode superar a capacidade de oferta com o crescimento da produção de veículos elétricos, especialmente no médio prazo, entre 2020 e 2025.

No longo prazo, considerando as reservas mundiais conhecidas estimadas em 13,5 milhões de toneladas, elas seriam suficientes para atender a produção por cerca de 40 anos tendo-se como referência a atual produção mundial de carros (72 milhões/ano) caso fossem todos elétricos. É importante considerar que as baterias e o lítio contido nelas podem ser reciclados, o que elimina a necessidade de exploração contínua do metal. Outro fator positivo é que as baterias retêm entre 70% e 80% da capacidade de carga mesmo após o fim de seu uso veicular, podendo no futuro virem a ser utilizadas em sistemas de backup ou geração distribuída de eletricidade, diminuindo o seu impacto sobre o ambiente.

O consumo de cobre em um carro convencional contém aproximadamente 25 kg de cobre e suas ligas, o que pode variar de acordo com a marca e o modelo. No carro elétrico essa massa varia entre 68 kg e 81 kg. Isso significa que o consumo desse metal vai mais que dobrar para veículos elétricos (REIS *et al.* 2019).

A Figura 10 apresenta o consumo de cobre na produção dos veículos.



Figura 10 – Consumo de cobre na produção de veículos.

Fonte: REIS *et al.* 2019.

No entanto, Reis *et al.* (2019) consideram que a reciclagem do cobre nos veículos elétricos pode atingir uma economia média de 3.497.954 de MWh/ano, o

equivalente à capacidade produtiva de energia elétrica de uma usina termoelétrica de grande porte no Brasil.

Os veículos elétricos estão influenciando a sociedade sendo necessário verificar vários fatores tais como políticos, econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais, legais e não menos importante observar os fatores éticos na origem das fontes das matérias primas na produção de baterias.

A preocupação ética em relação ao mercado de veículos elétricos está relacionada às fontes de diversas matérias-primas importantes. Organizações como a Anistia Internacional levantaram algumas questões relacionadas à extração de matérias-primas, incluindo o uso de trabalho infantil na República Democrática do Congo (RDC) para minerar cobalto, que é um elemento comum em baterias de íon-lítio (AMNESTY INTERNATIONAL, 2016; KELLY, 2019).

Também é relatado que outros “trabalhadores informais” extraem cobalto fora das principais minas, com relatos de que esses trabalhadores morreram nas minas menores. Isso se deve tanto à falta de segurança quanto à natureza não regulamentada da mineração “artesanal”, uma prática que é legal na RDC (SANDERSON, 2019).

Algumas empresas tomaram medidas para lidar com questões éticas com a produção de cobalto, com a Umicore produzindo uma estrutura de aquisição sustentável para cobalto para auxiliar no abastecimento ético de seu cobalto (UMICORE, 2018).

Outros grupos da indústria tomaram medidas para lidar com algumas questões éticas que surgem da produção de matérias-primas, sendo os materiais de conflito outra questão. No contexto da cadeia de abastecimento, os materiais de conflito referem-se a materiais, muitas vezes minerais, que são extraídos por grupos armados para financiar o conflito em que estão participando, com violações de direitos humanos ocorrendo frequentemente durante esse processo (UMICORE, 2018; ELECTRONIC COMPONENTS INDUSTRY ASSOCIATION).

Segundo HERNANDEZ et al (2017), os recursos são finitos, e um aumento na demanda por veículos elétricos sobrecarregaria a oferta desses recursos, criando um desequilíbrio entre oferta e demanda. A substituição desses recursos por recursos mais abundantes, como a substituição de lítio por sódio ou potássio, além da intensificação da reciclagem de materiais ativos do cátodo, ajudaria a aliviar esses problemas. Mas, pressupõe que as futuras técnicas de reciclagem ainda sejam

incapazes de reciclar uma ampla gama de baterias em um único processo (ZHANG,2021).

Este estudo objetiva verificar a viabilidade do veículo elétrico (VE) na substituição do veículo movido por combustão, identificando possíveis impactos ambientais, assim como os fatores aceleradores e desaceleradores, bem como os benefícios e as dificuldades encontradas para a implementação deste modal.

1.7 IMPACTOS AMBIENTAIS: VE X VC.

Os impactos ambientais são inerentes à qualquer alteração realizada pelo homem ou pela própria natureza. Em uma definição legal, a Resolução CONAMA 01 (Ministério do Meio Ambiente, 1986) define impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

De acordo com Bueno (2022) fenômenos como perda de biodiversidade, desmatamento, poluição, crise hídrica, mudanças climáticas, superpopulação, desperdício são os problemas ambientais atuais, referenciando entidades como Organização das Nações Unidas (ONU), cita a aproximação do “ponto de não retorno” – ou seja, limite ou situação em que um sistema perde sua capacidade de regeneração, não mais conseguindo retornar ao estado anterior.

Sanches (2021) faz um apanhado dos possíveis efeitos globais causados pelo aquecimento global, dentre eles:

- Desaceleração da circulação termoalina de água gelada e salinizada para o fundo do oceano, responsável por processos como distribuição global de calor, transporte de nutrientes oceânicos e renovação de águas profundas;
- Variações de frequência e intensidade do evento “El Niño”, e de sua contraparte “La Niña”;
- Mobilização e liberação do hidrato de metano presente em sedimentos no fundo do oceano e em permafrost, o que pode levar à potencialização do aquecimento global.
- Efeitos no fito plâncton que produz boa parte do oxigênio terrestre e absorve também uma boa parte do CO₂ da atmosfera;
- Além de impactos ambientais, efeitos em populações humanas podem ser observados caso estratégias de adaptação falhem, incluindo doenças, fome, desidratação, refugiados ambientais e até mesmo guerras;
- Retração de florestas (Boreais e tropicais);
- Precipitação intensificada em áreas com sistema de monção

E esses impactos, afetarão principalmente o Brasil, o qual possui a maior biodiversidade do planeta, com mais de 116.000 espécies animais e mais de 46.000 espécies vegetais conhecidas, considerando os seis biomas terrestres e três grandes ecossistemas marinhos (BUENO, 2022).

Tanta biodiversidade ameaçada por impactos de intensidades e grandezas diferentes, relacionados diretamente com as atividades antropogênicas, como: poluição, desmatamento, mudanças climáticas, introdução de espécies exóticas e exploração exagerada dos recursos naturais vem colocando a biodiversidade nacional em risco.

No Brasil, o setor de energia, que engloba o consumo de combustíveis no setor de transportes, é a terceira maior fonte de emissões de GEE, atrás apenas da mudança de uso da terra e da agropecuária. (SANCHES, 2021)

Os carros elétricos não são diferentes, apesar do grande potencial na redução de impactos ambientais, é importante avaliar toda a sua cadeia de produção, uso e descarte, avaliando todas as possíveis interferências na questão ambiental, para então

conseguirmos entender qual de fato é o ganho na substituição de um veículo à combustão pelo elétrico e quais os controles devemos implementar em cada etapa para reduzir e mitigar possíveis impactos nessa cadeia.

Em uma análise do ciclo de vida de VE , Sanches (2021) a partir do resultado de outros estudos indica uma redução de impactos ambientais frente ao veículo a combustão, como a redução de 11,8% na demanda de energia primária, 41,35% no potencial de aquecimento global, e 27,3% no potencial de depleção abiótica. (SANCHES, 2021)

No estudo de Freitas e Marchesini (2022) com base na realização da ACV de baterias de VE, os autores concluem sobre a importância do estudo de todos os impactos ambientais ao longo de todo o seu ciclo de vida.

No que diz respeito ao aquecimento global, a poluição atmosférica causada pela queima de combustíveis, representa sérios problemas a saúde pública e severos impactos ambientais negativos ao meio ambiente e constante pelos níveis elevados de poluição, visto que a qualidade do ar é influenciada pela emissão de gases poluentes dentre outros pela frota de veículos automotores das grandes cidades. (SILVA *et al*, 2016)

Gases lançados de forma sem controle na atmosfera do nosso planeta, se tornam responsáveis pelo efeito estufa, resultando na elevação significativa da temperatura do nosso globo terrestre, sua composição e equilíbrio, causando danos como: Acidificação de rios e florestas, dificultando a vida de animais e o desenvolvimento da flora, mudanças climáticas e chuvas ácida. (SILVA *et al*, 2016).

De acordo com o IEA , o setor de transportes foi um dos que mais emitiu gases de efeito estufa (GEE) no mundo, sendo responsável por 25% das emissões globais em 2018 (SANCHES, 2021).

O setor de transportes é responsável por 19,4% da demanda de energia primária, e as emissões do setor aumentaram 108% entre 1970 e 2010, conforme relatado pelo relatório do IPCC de 2014, prospectando-se para as próximas décadas uma reversão com o desenvolvimento de tecnologias promissoras na mitigação de impactos ambientais, como carros elétricos, biocombustíveis e células de combustível (SANCHES, 2021).

Arangues *et al* (2022) calculam que a cada 10% da frota de carros na cidade de São Paulo que for substituída por carros elétricos, é possível atingir um ganho de 9,5% menos emissões em CO₂, com um aumento na demanda energética de apenas 2%. Em seu levantamento bibliográfico, eles destacam a vantagem dos carros elétricos, no que diz respeito a redução da utilização do etanol, e assim a redução dos danos como desmatamento, contaminação do solo, poluição do ar e da água e interferência nos preços dos alimentos.

Outro impacto ambiental que pode ser mitigado com a ampliação da frota de VE está curiosamente relacionada com a poluição sonora.

De acordo com a Revista Easy (2022) a poluição sonora gerada pelos veículos, além de incomodar os seres humanos, incomoda os extintos de caça, reprodução e comunicação dos animais e os tremores causados pelas ondas sonoras fazem com que as plantas percam água e assim atrapalha o seu crescimento. Os carros elétricos podem fazer a diferença pois seus motores não produzem ruídos e além disso, não possui calor de combustão reduzindo assim as ilhas de calor nas metrópoles.

Com relação ao ciclo da bateria, a etapa de extração e produção de matérias-primas/recursos naturais apresentou o maior impacto nas categorias relativas ao potencial de aquecimento global, geração de resíduos sólidos, potencial de acidificação e potencial de eutrofização. Na etapa de uso, foi visto o maior consumo de energia elétrica e, na etapa de reciclagem, maior consumo de água doce e produção de resíduos sólidos. (FREITAS e MARCHESINI, 2022)

A figura 11 apresenta um fluxograma dos impactos que são gerados em todo o ciclo de vida da bateria de VE.

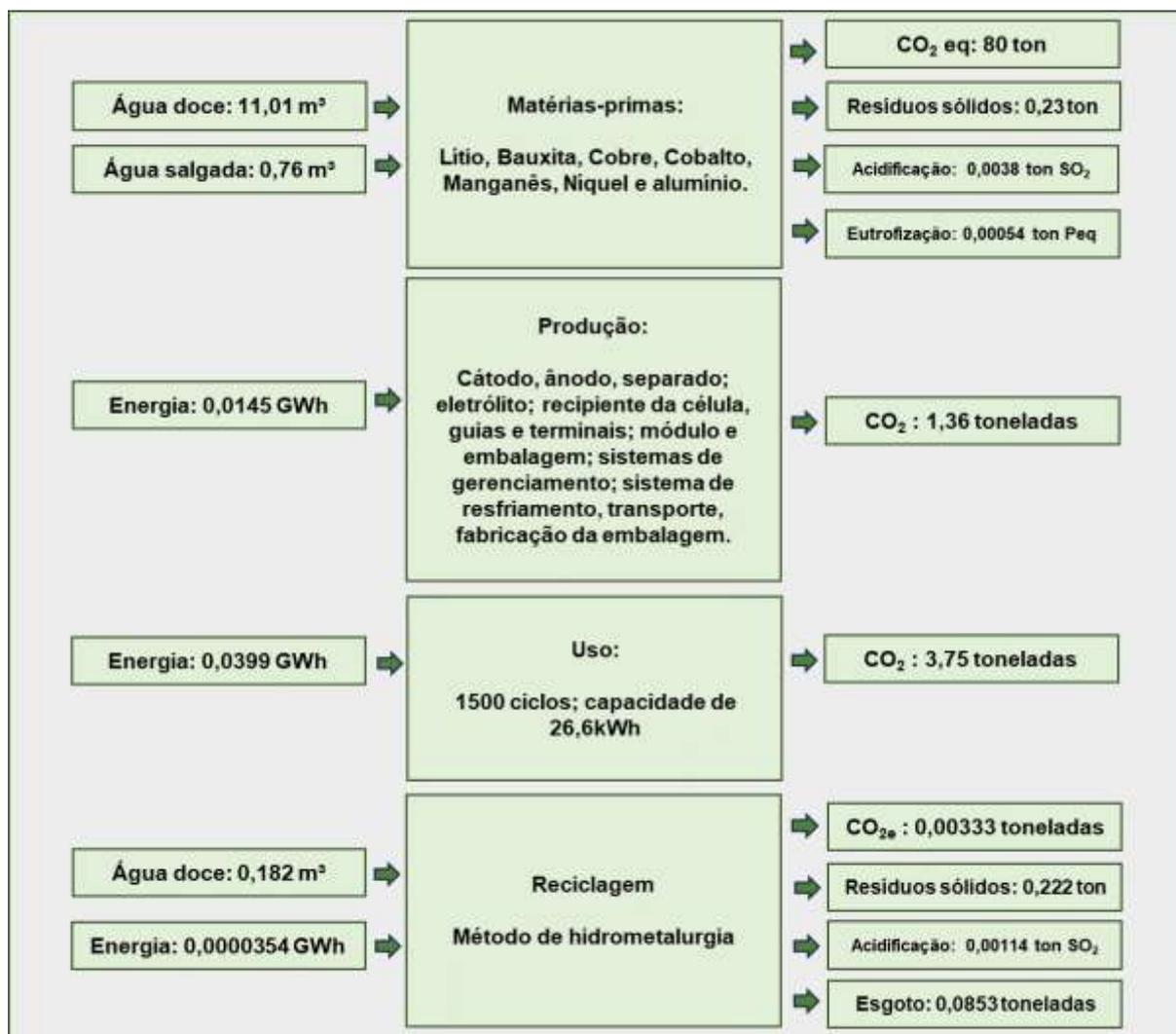


Figura 11 – Entradas e Saída do processo do Ciclo de vida da bateria de VE.

Fonte: Freitas e Marchesini, 2022.

No ciclo de produção da bateria de VE's, o consumo de recursos minerais é inerente, causando dessa forma um impacto não só ambiental, mas também social e econômico.

Segundo Sanches (2021) a extração de recursos e a disponibilidade destes em determinado momento incorre na competição por esses recursos, com impactos econômicos diretos. Porém, para as atividades futuras, a extração e a utilização atual dos recursos pode evitar impactos, caso o fim de vida dos recursos seja eficiente e hajam poucas perdas por consumo ou dispersão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo está estruturado a partir de metodologia de revisão bibliográfica explicativa qualitativa.

A pesquisa por revisão bibliográfica explicativa considera vários estudos científicos e identifica os principais pontos discutidos críticos destacados. Estes destaques podem ser congruentes entre os estudos selecionados ou apresentarem discordância sobre a conclusão de algum deles. De acordo com Libório e Terra (2015) este tipo de pesquisa se propõe explicar a razão das coisas, os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de um acontecimento.

Conforme Koche (2011) os relatórios de pesquisa estritamente bibliográficos, que se restringem à análise de conteúdo, no desenvolvimento o problema é retomado e analisado à luz dos conhecimentos, teorias e informações relevantes colhidos na revisão da literatura.

Este tipo de bibliografia objetiva explicar, discutir, criticar e demonstrar a pertinência desses conhecimentos e teorias no esclarecimento, solução ou explicação do problema proposto, analisando e extraindo conclusões sobre suas deficiências ou qualidades explicativas, bem como propor interpretações teóricas originais e inovadoras (KOCHE, 2011).

A partir dessa revisão é possível definir o objetivo da pesquisa e obter diferentes resultados que podem ser colocados em discussão sobre um mesmo assunto.

Para este estudo foram então definidas as bases de dados: CAPES, FAPESP, USP e outras universidades. Onde foram pesquisados os descritores “Veículos elétricos *AND* Brasil”, “sustentável *AND* Veículos elétricos *AND* Brasil” e “projetos *AND* Veículos elétricos”.

Nesse momento foram encontrados 3560 artigos, os quais por sua vez foram novamente filtrados, considerando o atendimento aos seguintes critérios de seleção: publicados no espaço temporal que abrangesse o período de 2015 e 2021, disponibilizados em língua portuguesa e inglesa e na íntegra.

Por fim foram selecionados 13 artigos os quais respondem à pergunta norteadora, identificando os benefícios e dificuldades para a substituição de frotas de Veículos à combustíveis fósseis por Veículos à energia elétrica no Brasil.

3 RESULTADOS

De acordo com o fluxo apresentado na Figura 12 pode-se verificar o processo de seleção dos artigos a partir da metodologia de revisão bibliográfica explicativa qualitativa.

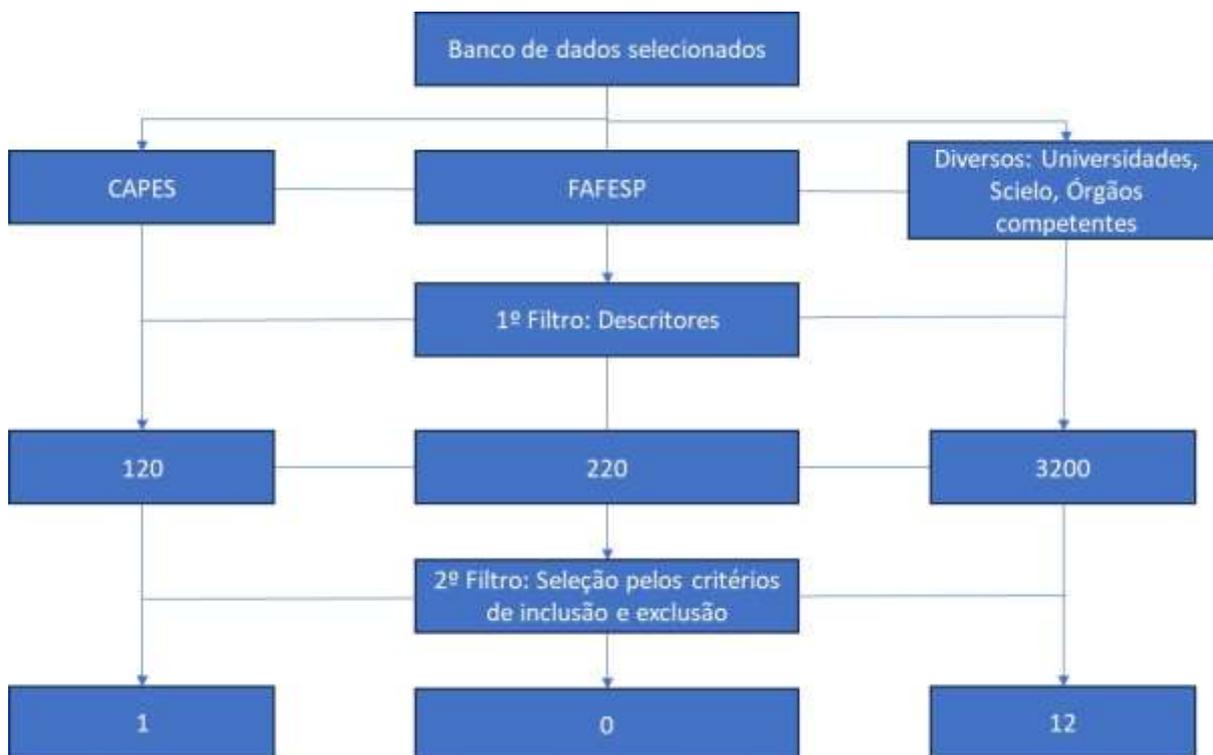


Figura 12 - Fluxograma de seleção dos estudos.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao final do processo de seleção foram selecionados 13 artigos dos quais atendem aos critérios de inclusão e exclusão. O Quadro 6 apresenta os estudos selecionados e suas características como o ano de publicação e universidade de apoio.

Quadro 6 – Seleção dos estudos: Título, Autores, Ano de Publicação e Universidade.

Item	Título	Autor	Ano	Publicação
1	Barreiras à difusão de carros elétricos no mundo e a situação no Brasil.	Tiago Ferrari Luna, Tainara Volan, Caroline R. Vaz e Mauricio Uriona-Maldonado	2019	UFSC
2	Carros elétricos: viabilidade econômica e ambiental de inserção competitiva no mercado brasileiro.	Marcelo Henrique de Azevedo	2018	UFOP
3	Vantagens e barreiras à utilização de veículos elétricos.	Gustavo da Silva Oliveira Porchera Mário Eugênio Sperandio Loss Pedro Henrique Rodrigues de Miranda Érika de Andrade Silva Leal	2016	SEGET
4	Diagnóstico dos produtos e serviços complementares para a adoção dos carros elétricos e híbridos no Brasil.	Letícia Alves Lima Zaneti	2018	UFSC
5	Panorama do estado atual da difusão de veículos elétricos no Brasil.	Tainara Volan Caroline Rodrigues Vaz Mauricio Uriona-Maldonado	2019	FGV
6	Relações Multiníveis e Inovação Sustentável: O Programa Veículo Elétrico da Itaipu Brasil.	Andréa Torres Barros Batinga de Mendonça, Sieglinde Kindl da Cunha, Thiago Cavalcante Nascimento	2018	UFPR
7	Conhecimento Científico e Tecnológico Para o Veículo Elétrico no Brasil: Uma Análise a Partir Das Instituições de Ciência e Tecnologia e Seus Grupos de Pesquisa.	Henrique Botin Moraes, Edgar Barassa, Flávia L. Consoni	2016	UFMS
8	Estudo das tendências e desenvolvimentos tecnológicos do carro elétrico no Brasil	Marcela Taiane Schiav	2020	UFSCAR
9	O desenvolvimento da indústria de veículos elétricos no Brasil: o papel das políticas públicas.	Marcelo Luiz Risso Rodrigues da Silva	2019	USP
10	O veículo elétrico no Brasil: análise baseada nos sistemas tecnológicos de inovação (SDI)	Juan Pablo España Gomez	2016	UnB
11	Base geral dos carros elétricos em relação ao consumo, impacto ambiental e custo-benefício.	Vanderlei Moraes Afonso Rodrigo de Sousa Campista	2022	Ibero - Americana
12	Expectativa e Realidade: Desafios de Utilização dos Veículos Elétricos.	Inês Fernandes Machado	2022	Faculdade de Economia do Porto
13	Compreendendo os impactos futuros dos veículos elétricos - uma análise de vários.	Jonathan Wellings David Greenwood Stuart R. Coles	2021	Universidade de Warwick

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram apresentados os dados coletados em 2 etapas distintas considerando os aspectos aceleradores os quais beneficiam a implantação do carro elétrico no Brasil, principalmente no que cerne a questão do ganho ambiental e em seguida as barreiras

e os aspectos desaceleradores àqueles que interferem e dificultam a disseminação do carro elétrico no Brasil.

Anteriormente às discussões, o Quadro 7 demonstra que apesar das diferentes metodologias utilizadas para obtenção dos resultados, as conclusões se assemelham em grande parte.

Quadro 7 - Metodologias aplicadas pelos estudos selecionados.

Item	Título	Ano	Universidade	Metodologia
1	Barreiras à difusão de carros elétricos no mundo e a situação no Brasil.	2019	UFSC	Revisão da Literatura (SYSMAP)
2	Carros elétricos: viabilidade econômica e ambiental de inserção competitiva no mercado brasileiro.	2018	UFOP	Documental de caráter descritivo
3	Vantagens e barreira a utilização de veículos elétricos	2016	SEGET	Revisão da literatura qualitativa
4	Diagnostico dos produtos e serviços e híbridos no Brasil	2018	UFSC	Exploratório-descriptiva qualitativa
5	Panorama do estado atual da difusão de veículos elétricos no Brasil	2019	FGV	Pesquisa Bibliográfica "Scoping Review"
6	Relações Multiníveis e Inovação Sustentável: Programa Veículo Elétrico da Itaipu Brasil	2018	UFPR	Exploratório-Descriptiva qualitativo com estudo de caso
7	Conhecimento Científico e Tecnológico Para o Veículo Elétrico no Brasil: Uma Análise a Partir Das Instituições de Ciência e Tecnologia e Seus grupos de pesquisa	2016	UFMS	Pesquisa parametrizada
8	Estudo de tendencias e desenvolvimentos tecnológicos do carro elétrico no Brasil	2020	UFSCAR	Tipologia em base de dados
9	O desenvolvimento da indústria de veículos elétrico no Brasil: o papel das políticas públicas complementares para a adoção dos carros elétricos	2019	USP	Levantamento bibliográfico com pesquisas semiestruturadas
10	O veículo elétrico no Brasil: análise baseada nos sistemas tecnológicos de inovação (SDI)	2016	UnB	Exploratória dissertativa
11	Base geral dos carros elétricos em relação ao consumo, impacto ambiental e custo-benefício.	2022	Ibero - Americana	Não identificada
12	Expectativa e Realidade: Desafios de Utilização dos Veículos Elétricos.	2022	Faculdade Economia do Porto	Exploratória qualitativa
13	Compreendendo os impactos futuros dos veículos elétricos - uma análise de vários.	2021	Universidade Warwick	Pesquisa Exploratória

Fonte: Elaborado pelo autor.

No cruzamento destes estudos foram identificados 12 benefícios/aceleradores na implantação de frotas dos Veículos elétricos, conforme apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 – Benefícios e Aceleradores da disseminação dos Veículos elétricos no Brasil. Fonte: Elaborado pelo autor.

CLASSIFICAÇÃO	Benefícios/Aceleradores	Artigo												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Financeira	Viabilidade econômica ao longo do tempo	X	X								X	X	X	X
	ECOINOVAÇÕES - melhorias na tecnologia do carro elétrico.						X		X		X	X		X
Ambiental	Redução e Neutralização de emissões de Gases de Efeito Estufa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
	Sonoridade - Redução de Ruídos (Motor silencioso)			X		X							X	X
Tecnológico	Aumento da vida útil da bateria/Autonomia				X									X
	Eficiência energética			X	X									
	Recursos Renováveis - Utilização de Energia Elétrica a partir da geração limpa (pequenas hidrelétricas, eólica, solar, geotérmica).				X									
	Smart Grid - Linha inteligente de transmissão de energia e 2VG	X			X					X				
Institucional e regulatória	Requisitos Legais Regulando a Indústria				X		X			X				X
	Incentivos a Pesquisa e redução de impostos	X		X		X	X			X				X
	Equilíbrio da Balança Comercial e redução do número de importações			X										

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os estudos 1,2,10,11,12 e 13 mencionam a questão da viabilidade econômica, mas relacionando essa possibilidade a necessidade de difusão dos veículos elétricos para que seu custo e seus acessórios, construção, implantação e aquisição sejam reduzidos.

No estudo 11, o autor afirma que a viabilidade econômica do veículo elétrico apesar de seu alto custo, acaba se viabilizando a longo prazo, devido o custo por km rodado ser menor e o valor da manutenção ser menos custoso que o veículo convencional.

De acordo com o estudo 1, Luna *et al* (2019) demonstram que o custo por km rodado é bem menor para o modelo elétrico, perdendo por um valor considerável somente no quesito autonomia.

Com relação a questão da redução das emissões atmosféricas, praticamente todos os estudos de artigos selecionados são unânimes na afirmação da importância que esses veículos têm com o compromisso e atendimento às metas estabelecidas em protocolos mundiais.

Azevedo (2018) no estudo 2 ratifica a ausência de emissão de poluentes através de gases expelidos, explicando que não ocorre nenhuma combustão no processo de transformação de energia elétrica em mecânica no motor elétrico. Mas, ressalta que os veículos elétricos podem causar outros tipos de danos ambientais, os quais devem ser identificados, avaliados e controlados, como é a questão do uso das baterias. O descarte incorreto e a poluição por metais pesados são problemas bastante indesejáveis quando se fala em desenvolvimento sustentável.

O estudo 4 de Zaneti (2018), indica que “as emissões de CO₂ eq na produção de veículos elétricos superam as emissões da produção de veículos consumidores de combustíveis fósseis”.

Ambos os estudos concordam que na utilização do veículo elétrico as emissões são zeradas, concluindo que os veículos elétricos comparados aos veículos à gasolina, reduzem em 50% o volume de emissões. Mas, ressaltam que se deve considerar as fontes de consumo de energia elétrica, pois elas podem ser poluentes e não compensar estas emissões.

De acordo com Afonso e Ferraz (2022) o impacto dos veículos elétricos no meio ambiente pode ser calculado apenas com base nas emissões durante a geração de eletricidade, que varia de país para país, dependendo sobre a participação dos combustíveis fósseis na geração de eletricidade.

Segundo Azevedo (2018) amplia esta visão dizendo que se deve considerar o impacto ambiental como um todo, utilizando energias que gerem baixos danos ambientais diretos, como emissão de gases poluentes ou destruição de grandes áreas verdes e da fauna, também pouco danos indiretos.

Mesmo ponto de vista tem Lombardi *et al* (2017) onde afirmam que:

“(...) a sustentabilidade ambiental da mobilidade alternativa não pode ser avaliada considerando apenas a fase de condução, mas também os impactos ambientais gerados durante a produção de eletricidade e as cargas ligadas à construção, desmontagem e descarte de materiais do veículo devem ser levadas em consideração. Nesta perspectiva devemos então realizar uma abordagem mais ampla observando todas as fases do ciclo de vida dos veículos (ACV)”.

Como outro benefício ambiental mencionado no estudo 4 de Zaneti (2018) está na abundância de recursos naturais que o Brasil possui. Havendo assim um grande potencial para desenvolvimento da energia solar e eólica.

Mas, vale ressaltar que o país necessita modernizar, investir e diversificar a sua matriz energética para de fato poder incentivar o mercado de VE, como ocorrem em outros países a exemplo de Portugal.

No estudo 12 (MACHADO, 2012) afirma que a disseminação do VE no país de Portugal está na linha da frente no que diz respeito à difusão de VEs, ocupando o 5º lugar, em termos de quota de mercado na Europa e o 7º lugar a nível mundial, tornando Portugal, o país da Europa do Sul, mais avançado na difusão de VEs em 2021, inclusive pela primeira vez aconteceram mais vendas de VEs do que de veículos a gasolina. Como este país tem uma produção de energia renovável consideravelmente elevada, cerca de 65%, não apresenta um impacto negativo para o planeta, tornando esta opção ainda mais sustentável e apetecível para Portugal alcançar a neutralidade carbónica até 2050.

Assim como Portugal, a matriz energética brasileira é considerada uma das mais limpas do mundo devido ao uso de um grande volume de energia proveniente de fontes renováveis. No Brasil, utilizando como referência o ano de 2019, as porcentagens do consumo de energia são 33,1% do petróleo, 19,1% derivados da cana, 12,6% hidráulica, 11,8% gás natural 8,9% lenha e carvão vegetal, 7,7% solar, eólica e outras renováveis 4,9% carvão mineral, 1,3% nuclear e o restantes 0,6% são outras não renováveis (AFONSO E FERRAZ, 2022).

Quanto ao *smart grid* se entende que pode representar uma grande contribuição na difusão dos carros verdes, havendo a possibilidade de vender a energia estocada nas baterias desses veículos em horários de pico da rede, ou quando fosse necessário.

No entanto, ainda é uma tecnologia em fase inicial, e no Brasil, se torna ainda mais difícil de ser implementada, visto a extensão do território brasileiro

A questão do silêncio abordado nos estudos 3,12,13 também é mencionada como um benefício ambiental para a sociedade na implantação dos veículos elétricos. O estudo 5 de Volan, Vaz e Maldonado (2019), indicam que esse veículo é extremamente silencioso, não emitindo os ruídos que os veículos tradicionais emitem, já que um dos acessórios, como o escape dos vapores e emissões que são os principais motivos do ruído, não são encontrados nos veículos elétricos (PORTAL ENERGIA, 2018).

No estudo 12 por exemplo, no que diz respeito a vantagem ao consumidor, Machado (2022) menciona que um dos aspectos que atraem positivamente o é justamente o silêncio.

Já o estudo 13 apresenta um ponto de vista diferente, apesar da redução do ruído, a preocupação que a falta do ruído pode causar no quesito segurança. Embora isso possa ser um fator positivo quando se olha para a poluição sonora, ele tem o potencial de aumentar os acidentes, já que quanto mais silencioso é muito mais difícil de ouvir em baixas velocidades, o que afeta a segurança do veículo, uma vez que não se pode ouvir o veículo que se aproxima. Isto levou a ensaios de utilização de novos sons para os automóveis para melhorar a segurança.

Com relação a toxicidade gerada no meio ambiente pelos VEs o estudo 2 considera que eles são alimentados por baterias, essas que podem conter metais pesados em sua composição e contaminar o solo e a água e enfatiza que há necessidade de amenizar ou até anular esses efeitos nos modelos seguindo os devidos cuidados e recomendações.

No estudo 13 de Wellings, Greenwood e Coles (2021) destacam também as questões quanto ao aumento na toxicidade ao meio ambiente em comparação com os veículos convencionais, incluindo um aumento na toxicidade contra humanos, a ecotoxicidade da água doce e a eutrofização da água doce como os outros fatores de toxicidade observados durante uma avaliação do ciclo de vida de veículos elétricos. Assim como, os impactos do esgotamento de metais como um fator negativo em

veículos elétricos, sendo que a maior parte desse esgotamento se origina da cadeia de suprimentos do veículo.

Outro ponto importante abordado no estudo 4 é a eficiência energética que em termos médios, comparativos a eficiência energética dos veículos elétricos a bateria é de 70%, cerca de cinco vezes a eficiência de um veículo convencional, que é de 14 a 18% (FERREIRA FILHO, 2009).

Este fato vem a corroborar com Porchera *et al* (2016) no estudo 3 que afirma que o ganho na eficiência energética, em um veículo elétrico é incomparavelmente mais eficiente do que um veículo normal.

As melhorias na tecnologia do carro elétrico são mencionadas no estudo 6,8,10,11,13 e especificamente no estudo 6 afirma que a indústria automotiva tem direcionado suas atividades de pesquisa e desenvolvimento para mecanismos que melhorem a eficiência dos combustíveis, combustíveis alternativos e controle da poluição. No estudo 4 e 13 falam sobre aumento da vida útil da bateria. Zaneti (2018) enfatiza que tem ocorrido investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) que cada vez mais tem trazido soluções mais eficientes a um menor custo. Desde 2008, a densidade energética, fator fundamental no desempenho, aumentou mais de 330% no período até 2015. Enquanto o custo foi reduzido em 75%. E as projeções para 2022 são que a densidade energética aumente ainda mais, enquanto o custo também é reduzido.

Para a pesquisadora Luciana Gomes Barbosa, professora do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais (DFCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Coordenadora do GT Meio Ambiente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), a Ciência, Tecnologia & Inovação CT&I é fundamental para enfrentar a degradação ambiental, as mudanças climáticas, a escassez de alimentos, o gerenciamento de resíduos e outros desafios globais urgentes (Bueno, 2022).

Com relação ao equilíbrio da balança comercial mencionado no estudo 3, Becker (2009) aborda como será a adesão do mercado nos EUA, em 2030, ao veículo elétrico e seus impactos. Concluiu que as vendas destes veículos em 2030 atingirão 64% de todos os veículos ligeiros no país, o que irá resultar numa queda de 20% a 69% em emissões de gases nocivos para o ambiente e, conseqüentemente, numa poupança de 105 a 210 bilhões de dólares em despesas de saúde. Concluiu ainda que

os EUA importarão 18% a 38% menos petróleo, contribuindo para o equilíbrio da balança comercial. Por fim, todo o investimento contribuirá com um aumento de até 350.000 postos de emprego, através das fábricas para a produção de baterias e da construção, operação e manutenção das redes de infraestruturas de carregamento doméstico.

Um impacto amplamente discutido pelos estudos que podem dificultar a implementação dos VEs é justamente o arcabouço legal que suporte e apoie os projetos relacionados ao tema, conforme pode-se verificar a abordagem nos estudos 4, 5, 6, 9 e 13. No estudo 4 de Zaneti (2018) cita as medidas tomadas pela Alemanha, França e Inglaterra na qual proíbem a fabricação de veículos a combustão até 2030, e reforçam o caminho sem volta para o qual está indo à mobilidade – a adoção dos Veículos elétricos e híbridos. Noruega por exemplo, já possui mais de 50% dos Veículos novos vendidos sendo elétricos, Japão já possui mais postos de carregamento do que postos de gasolina.

Na Noruega, em mais um esforço recente de algumas empresas automotivas para fornecer patentes como código aberto, mas isso pode levar a incerteza jurídica. No entanto, se um país específico tiver leis especialmente restritivas que afetam os veículos elétricos, uma empresa pode decidir que esse mercado simplesmente não é viável, visto que as regulamentações podem afetar as avaliações de viabilidade do mercado conforme destaca o estudo 13.

Outra questão legal identificada pelo estudo 13 é a necessidade de pactos de Acordos internacionais, como o acordo de Paris, projetado para limitar as emissões de dióxido de carbono, às quais podem resultar em novas estratégias governamentais e leis que influenciam a indústria de veículos elétricos.

Nos estudos 1,3,5,6,9 e 13 falam do incentivo a pesquisa, sendo que no estudo 5 , os autores citam no Brasil a divulgação do Programa Rota 2030 Mobilidade e Logística, o qual objetiva a estimulação de geração de inovação por meio da pesquisa e desenvolvimento, a continuação da melhoria da sustentabilidade veicular com redução de emissões de CO₂, do consumo de combustíveis, a valorização dos biocombustíveis, evolução da segurança veicular e o aumento da competitividade da indústria automobilística brasileira, e dessa forma com a sua implantação constatou-se desde novembro de 2018 que os Veículos elétricos vendidos no Brasil pagaram

menos impostos, por conta da mudança de alíquota (VOLAN, VAZ e MALDONADO, 2019).

No estudo 1, Luna *et al*, 2019 menciona que o Programa Rota 2030, que poderia ser um grande incentivador, mas não apresenta grande influência na adoção de veículos elétricos a bateria, mas sim melhora na eficiência de veículos à combustão, híbridos e híbridos plug-in.

O estudo 6, Mendonça (2018), afirma a partir de Silveira, Carvalho, Kunzler, Cavalcante e Cunha (2016), que “o setor apresenta estruturas legais de suporte e incentivo à inovação nas organizações que integram o Sistema de Inovação”. Mas, o estudo 9, Silva (2019), conclui que “no Brasil, a indústria de VEs ainda é embrionária e da mesma forma há baixa influência de regulamentações de inovações relativas ao setor”.

No entanto, a implantação dos veículos elétricos no Brasil, hoje apresentam mais barreiras e desaceleradores do que benefícios, conforme Quadro 9, demonstrando que mesmo com a pressão na mudança mundial com metas globais para a melhoria da qualidade ambiental, a implantação tem se demonstrado viável porém não na velocidade desejada em função de aspectos como: tecnologia, psicológico, financeiro, sociocultural, infraestrutura, institucional, sociotécnica e marketing – que impactam no sucesso da disseminação desses projetos.

Quadro 9 - Barreiras e desaceleradores que impactam na dificuldade da disseminação dos Veículos elétricos no Brasil.

Classificação	Barreiras/Desaceleradores	Artigo												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tecnologia	Baixa autonomia/Alcance da bateria	X	X	X	X				X			X	X	X
	Tempo elevado para recarga	X	X	X						X			X	X
	Alcance da bateria	X												
	Reciclagem da bateria / Recursos naturais	X					X	X						X
Psicológico	VEs vistos como de baixa performance/autonomia/Desempenho	X					X		X					
	Ansiedade de alcance	X												
	Preconceito do usuário ("carro de mentira"); Proprietário = entusiasta	X			X									
	Desconhecimento da tecnologia	X		X			X					X		
	Necessidade de mudança cultural para uso	X					X					X		
	Estética menos atraente	X		X										
Financeira	alto custo da bateria	X		X	X				X		X		X	X
	Alto custo do carro	X	X	X					X		X	X		X
Sociocultural	Cultura de posse do carro	X		X			X							
	Incerteza sob fonte energética primária	X							X				X	
Infraestrutura	Falta de redes de abastecimento/Grande malha dificulta a infraestrutura	X	X		X	X			X	X			X	X
	Custo das redes de recarga				X				X		X			X
	Capacidade limitada do Grid	X			X						X	X		X
	Capacidade das fornecedoras de energia	X									X			
	Inexistência da cadeia de suprimento para as montadoras e serviços	X									X			X
Toxicidade	Elementos tóxicos – insumos e descarte de peças usadas (baterias)				X									

Fonte: Elaborado pelo autor.

Continuação Quadro 9 - Barreiras e desaceleradores que impactam na dificuldade da disseminação dos Veículos elétricos no Brasil.

Classificação	Barreiras/Desaceleradores	Artigo												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Institucional e regulatória	Falta de regulações de segurança para os sistemas de recarga/Falta de padrão nos plugs	X					X			X			X	X
	Sem incentivos financeiros, público / Apoio do governo/Falta de interesse do estado	X	X		X	X	X	X	X	X			X	X
	Proteção da industrial local	X									X			X
Sociotécnica	Modelo de negócios da indústria	X									X		X	X
	Inovações incrementais para CCI (Melhoria contínua)	X												X
	Inercia organizacional das montadoras (interesse em manter o regime)	X								X	X	X		
	Dificuldade de integrar diversos atores de regimes diferentes (energia e automotivo)	X									X		X	X
	Conflito de interesse entre atores	X	X		X									
	Reeducação de engenheiro, mecânicos, entre outros	X				X	X	X				X	X	X
	Rotinas da indústria (Efeitos de <i>Lock-in/Path dependence</i>)	X			X			X	X		X			
	Aumento da infraestrutura público e privada – eletropostos; Companhia de energia Elétrica.				X	X						X	X	X
	Inexistência de nichos	X								X				
	Compartilhamento dos custos de infraestrutura: público X privada				X							X	X	X
Marketing	interesse no crescimento do ramo da empresa: atração de novos clientes.				X	X	X					X		X

Fonte: Elaborado pelo autor.

No quadro 9 com exceção dos estudos 3, 6 e 7, os demais são unânimes e apontam inúmeros problemas com a infraestrutura existente e necessária para a difusão desses veículos com a necessidade do aumento da rede de abastecimento e recarga, hoje centralizadas em grandes capitais e áreas metropolitanas, e que apresentam grande dificuldade de frente com a grande malha rodoviária que o Brasil apresenta, assim como o custo de implantação das redes de abastecimento, capacidade limitada do Grid e de convênios e acordos com fornecedoras de energia. Outro ponto é a necessidade de aumento e estruturação de uma cadeia de suprimentos que atendam às necessidades e atraiam as montadoras desses veículos.

De acordo com o estudo 13, são muitos os fatores a serem considerados ao levantar o impacto geral dos veículos elétricos ou de outras tecnologias, mas que com compreensão clara desses fatores, estratégias de mitigação, podem ser desenvolvidas para garantir que a descarbonização do transporte possa continuar sem barreiras desnecessárias, reduzindo o impacto geral das mudanças climáticas no longo prazo.

Vários estudos indicam que a preocupação ambiental é um importante impulsionador na intenção de compra (BURS *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2018).

Os estudos 1,2,3,4,8,11,12 e 13 debatem sobre as restrições na autonomia das baterias, apesar de verificarmos que a tecnologia já é bem avançada com relação a esse requisito, questionamentos sobre a dificuldade e o tempo de recarga, baixa autonomia e falta de estudos e de destinação final para essas baterias são as variáveis discutidas.

De acordo com o estudo 13, as baterias com maior armazenamento são mais caras e têm uma massa maior, reduzindo o aumento geral da autonomia do veículo e a capacidade limitada, os longos tempos de carregamento para veículos elétricos são obstáculos ao desejo do cliente de comprar um veículo elétrico. A melhoria do acesso ao carregamento é uma alternativa para aumentar a autonomia sem impactar diretamente na precificação dos veículos, embora existam outros fatores tais como políticos e econômicos que influenciam a construção dessa infraestrutura (YONG, 2017).

A análise dos estudos 1, 6 e 8 relacionam, dentre outras, as dificuldades na implantação desse projeto com a característica emocional e psicológica do mercado, como por exemplo a má impressão dos consumidores com relação à estética desses veículos ou a impressão de falta de autonomia e a baixa performance trazendo

insegurança na aquisição e tornando o veículo menos atrativo, e aqueles que o adotam são considerados muitas vezes entusiastas.

O estudo 12 de Machado (2022) demonstra a importância do conhecimento para melhor adaptação com o VE, porque o potencial utilizador já sabe quais costumam ser as maiores dificuldades e sabe como lidar com elas. Assim sendo, quanto maior for o conhecimento, menor será o esforço de adaptação, corroborando a relação proposta com a facilidade de utilização.

A adoção do VE acontece pela ponderação entre a intenção de utilização e a expectativa de utilização. Se o potencial utilizador tiver a intenção de utilizar um VE então a intenção materializa-se quando a adoção acontece. A expectativa também desempenha um papel de influência na adoção (ou não) pelo utilizador porque se a expectativa de utilização do VE não for positiva então a adoção tem uma menor probabilidade de ocorrer (MACHADO, 2022).

Neste mesmo viés Machado (2022) destaca que um elevado nível de conhecimento sobre os VEs, origina menor suscetibilidade em abonar a favor dos mitos difundidos que se revelaram na sua grande maioria pejorativos para os VEs.

Enfim, o estudo 13 é conclusivo com a questão e afirma que o carro que uma pessoa escolhe para comprar geralmente não é baseado apenas em considerações práticas, mas também emocionais, como a forma como o indivíduo se vê e como deseja ser percebido pelos outros.

Outro ponto relevante no estudo 1 é a relação que faz do aspecto emocional com a capacidade das baterias.

Segundo Luna *et al*, 2019 o alto custo das baterias faz com que os carros utilizem baterias com baixa capacidade de alcance (GEELS, 2018; NIEUWENHUIS, 2018). Apesar do baixo alcance, ela é capaz de satisfazer a necessidade da maioria das pessoas (Franke *et al*, 2012); mas gera uma ansiedade por parte do consumidor que acreditam que ficarão parados no meio do trânsito, sem energia na bateria (AUGENSTEIN, 2015, BOON, 2016, MORTON, 2018). Uma forma de reduzir esta barreira psicológica é a presença de infraestruturas de recarga. Mesmo que locais com infraestrutura de recarga não sejam usados frequentemente para esta finalidade, sua presença é necessária para confortar os motoristas e reduzir a ansiedade com alcance (BOON, 2016).

Além da presença de infraestrutura de recarga, a adoção de sistemas de compartilhamento de carros, tem se demonstrado eficiente quanto as mudanças de

atitudes rápidas e sem altos custos, quebrando barreiras psicológicas onde os usuários são colocados para testar os VEs para ver se conseguem se adaptar a essa tecnologia. (LUNA *et al*, 2019).

Uma estação de carregamento rápido pode carregar um veículo elétrico em 30 minutos, isso é significativamente mais lento em comparação com apenas 4 minutos para reabastecer um veículo convencional a gasolina ou diesel (YONG, 2017). A aceitação de tempos de carregamento razoáveis pode exigir uma mudança de cultura em relação ao reabastecimento de um veículo, pois, mesmo com mais avanços tecnológicos, é improvável que os tempos de carregamento correspondam ao reabastecimento convencional e deem aos veículos o mesmo intervalo entre as cargas. (WELLINGS, GREENWOCK E COLES, 2021).

No estudo 6, Geels (2012) destaca que a cultura da propriedade do veículo individual ainda está enraizada de maneira acentuada na sociedade. É possível afirmar que na hora da aquisição de um veículo elétrico, o consumidor é mais racional do que na compra de um veículo com motor de combustão, isto é natural devido a cultura da sociedade em consumir o já consolidado modelo a combustão. A falta de estrutura adequada para os veículos elétricos faz com que o consumidor opte pelo consolidado veículo com motor de combustão

Uma das barreiras mais relevantes a se destacar é o custo de um veículo elétrico que na maioria dos países, é significativamente mais alto do que um veículo convencional, com componentes como a bateria custando o mesmo que um veículo de combustão interna, o que funciona como um desincentivo à compra de um veículo elétrico em detrimento de outros veículos (EDF ENERGY, 2019). No entanto, impostos reduzidos do governo sobre o veículo podem oferecer benefícios, e os custos gerais de operação parecem ser menores ao longo da vida útil do veículo (EDF ENERGY, 2020; CALKIN, 2021; RJP LLP, 2021).

A questão sociotécnica ainda esbarra na capacitação de profissionais como engenheiros, mecânicos e demais mão de obra especializada em toda a cadeia de suprimentos do VE.

Recente estudo do IMI (*Institute of the Motor Industry*), na Inglaterra, revelou que 97% dos mecânicos do país não estão qualificados para trabalhar em Veículos elétricos; a grande maioria dos 3% restantes são empregados das próprias fabricantes, o que limita muito as opções de serviços para atuais proprietários e eventuais futuros compradores.

De acordo com Mazon, Consoni e Quintão (2013) afirma que o Brasil tem se colocado no caminho de criar competências específicas em Pesquisa e Desenvolvimento - P&D de veículos elétricos, com a possibilidade de atrair a fabricação local, já que o acirramento da competição global impele as empresas a buscarem recursos e capacidades externas por meio de *outsourcing*, do codesenvolvimento (codesign) e do estabelecimento de parcerias e formação de redes globais.

Neste aspecto para que investimentos sejam realizados, por empresas públicas ou privadas são identificadas a necessidade de incentivos para a implantação dos veículos elétricos, através da isenção ou redução de impostos para VEs, investimento na distribuição de postos de carregamento e acessórios, não só em áreas industriais como com menor acessibilidade ou afastadas, assim como investimentos em capacitação de mão de obra especializada em toda a cadeia de infraestrutura do VE. Só se excetuam os estudos 3 e 11 os quais não fazem menção sobre o assunto.

Vale destacar alguns estudos, como por exemplo o estudo 4, de Zaneti (2018), que menciona a experiência da Inglaterra, a qual primeiro instalou os postos de carregamento para depois privatizá-los, e em outros países o governo ofereceu subsídios para a instalação de um número mínimo de postos de carregamento, até o que ciclo de *feedback* positivo pudesse funcionar sozinho, sugerindo dessa forma que quanto mais postos de carregamento instalados, maior o número de veículos verdes sendo adquiridos, e quanto maior o número de veículos verdes sendo adquiridos, maior o número de postos de carregamento instalados.

Sendo mais específico com relação as políticas públicas o estudo 7, é enfático quando coloca como protagonista a posição do governo na sua implantação para o efetivo desenvolvimento de uma cadeia de produção de um VE nacional, compartilhando desta responsabilidade com as instruções técnicas brasileiras, o mercado de VEs nacional não se desenvolverá nem será competitivo em relação aos demais países que se empenham em desenvolver este produto (MORAES, BARASSA, CONSONI, 2016).

Mazon, Consoni e Quintão (2013) explica que na perspectiva governamental, não se observa uma clara sinalização para o apoio às tecnologias vinculadas ao veículo elétrico no Brasil. Ao contrário, há uma quase completa ausência de política pública sistemática que condicione, estimule e oriente a produção de veículos elétricos no país.

O estudo 13 aponta alguns fatores políticos como o investimento dos governos na indústria de veículos elétricos, apoiando na pesquisa e desenvolvimento do mercado, aprovação de legislações para auxiliar na produção das tecnologias necessárias, distribuição igualitária de pontos de carregamento considerando regiões mais afastadas e não foco só nas capitais, considerando também as áreas rurais.

Enfim para eles a vontade política direta tem um grande impacto positivo, e isso é demonstrado na Noruega, onde cerca de 45 a 60% das vendas de Veículos novos no primeiro semestre de 2019 foram elétricos (37,38), houve uma redução no imposto anual de registro de veículos elétricos já em 1996, seguida de acesso a faixas de ônibus e, posteriormente, balsas rodoviárias gratuitas, adotou um sistema tributário de “poluidor-pagador” para Veículos novos. Isso sugere que a intervenção do governo, ao fornecer benefícios aos veículos elétricos e desincentivos aos novos veículos convencionais, pode ser benéfica para melhorar a posição dos veículos elétricos. As suposições também podem influenciar a política do governo, com o governo do Reino Unido financiando apenas um número limitado de pontos de carregamento públicos devido à suposição de que a maior parte do carregamento de veículos elétricos ocorrerá na casa do proprietário (WELLINGS, GREENWOOD E COLES, 2021).

Alguns estudos, apontam a importância do desenvolvimento e o incentivo de pesquisas científicas que propiciem a difusão e a solução de problemas de VEs como é o caso dos estudos 6 e 9.

De acordo com o estudo 6, especificamente paraecoinovação, a indústria automotiva tem direcionado suas atividades de pesquisa e desenvolvimento para mecanismos que melhorem a eficiência dos combustíveis, combustíveis alternativos e controle da poluição.

Já Schiavi (2020), identificado pelo estudo 8, informa que a China e os Estados Unidos são os países que mais contribuem em relação a publicações científicas, entre a colocação dos países, o Brasil encontra-se em 25º lugar em relação as publicações científicas sobre o carro elétrico. Comparado aos demais países, as publicações científicas no Brasil ainda não são tão relevantes quando analisados em quantidades de números de publicações.

O Quadro 9 apresenta países que tem aumentado sua frota de veículos elétricos, impulsionados justamente pela atenção governamental, conforme mencionado pelos estudos selecionados 3, 4 e 7.

O planejamento e operações integradas de infraestruturas de transportes e energia podem permitir sinergias setoriais e reduzir os impactos ambientais, sociais e econômicos da descarbonização dos sectores dos transportes e da energia. A transferência e o financiamento de tecnologia podem apoiar a utilização ou transição de países em desenvolvimento ou a transição para sistemas de transporte de baixas emissões, proporcionando assim múltiplos cobenefícios (IPCC, 2022).

O quadro 10 apresenta exemplos de incentivos governamentais no mundo para a disseminação de VEs.

Quadro 10 – Incentivos governamentais em diferentes países do mundo.

Incentivos	Países		
Crédito para o fabricante do VE	EUA		
Subsídios e Isenção de taxas na compra de VEs	Holanda	Japão	Espanha
	Suécia	França	Índia
	Itália	Alemanha	China
	Dinamarca	Reino unido	Noruega
Investimentos e apoio do governo para instalar pontos de recarga	EUA	Japão	Espanha
	Holanda	França	Finlândia
	Dinamarca	reino unido	Noruega
Fundos de pesquisa para desenvolvimento do VE	Finlândia	Suécia	

Fonte: Elaborador pelo autor.

Com relação a questão sociotécnica os estudos de 1 a 9, com exceção do estudo 3, indicam necessidade de melhorias no desenvolvimento dos projetos que considerem as questões culturais, que facilitem acordos e projetos com empresas de energia e de suprimentos e acessórios, na tentativa, a agregação de valor comercial ultrapassando as barreiras comerciais e de interesses econômicos, assim como os processos de lock in que acomodam a indústria e os interesses por novas tecnologias.

Os estudos 7 e 8 indicam indefinições tecnológicas para que se alcance a viabilidade comercial deste veículo, cujas tecnologias ainda se encontram em fase de desenvolvimento, também dificultam o rompimento do lock-in relativo ao uso de combustíveis fósseis, ainda dominante (MORAES, BARASSA e CONSONI, 2016; SCHIAV, 2020).

Importante essa abordagem pois “esse regime sociotécnico cria uma estabilização que impede a mudança de regime, causando dependência de trajetória de uma tecnologia específica que perdura por anos dominando o mercado” (Struben

e Sterman, 2008), aqui no Brasil isso é bem nítido com a questão do consumo do combustível fóssil e por sua vez dos veículos à combustão.

A questão da supremacia e do protecionismo, de programas como o uso do Etanol são barreiras na implantação de Projetos e incentivos do carro elétrico no Brasil. O surgimento do veículo flex no ano de 2003 também foi identificado como um obstáculo importante para a inserção do VE no mercado brasileiro, principalmente, porque o álcool tem representado altos investimentos do país em pesquisas de desenvolvimento de tecnologias referentes a combustíveis ambientalmente eficientes usados pelos transportes. No entanto, este obstáculo se converte em uma oportunidade para o país, devido à necessidade de diversificação da oferta de outro tipo de tecnologias ambientalmente mais eficientes usadas nos transportes como é o caso da energia elétrica e veículos híbridos de etanol, conforme descreve o estudo 8.

A tecnologia também está intimamente ligada a distribuição dos pontos de carregamento, sendo indispensável sua disponibilidade para o futuro do mercado de veículos elétricos. Para Wellings, Greenwood e Coles (2021) em seu estudo 13 descreve que na cidade de Londres na Inglaterra, a distribuição dos pontos de carga era desigual, quando comparada com a maioria das regiões inglesas. As regiões mais afastadas estavam abaixo da média para cada 100.000 mil habitantes, mas Londres apresentava o dobro da média. Em algumas regiões rurais, os mapas mostravam disponibilidade limitada de pontos de carregamento públicos, além de possuírem um único carregador (UK GOVMENT, 2020).

Muitos pontos de carregamento podem indicar disponibilidade, mas se a maioria estiver espalhada entre vários locais em um local, isso provavelmente limitaria a confiança do cliente na disponibilidade de carregamento em uma área, especialmente em comparação com os vários pontos de reabastecimento nos postos de gasolina do Reino Unido.

Outro assunto, relacionado a questão tecnológica, conforme Wellings, Greenwood e Coles (2021) apontam no estudo 13, a necessidade e preocupação com os Fatores de Segurança. Segundo eles, embora os regulamentos sejam úteis para aliviar as preocupações sociais sobre a segurança dos veículos elétricos, pode alimentar mais os medos. Em Londres, em 2019, o corpo de bombeiros de Londres respondeu a 1.898 incêndios de veículos a gasolina e diesel, enquanto apenas 54 incêndios foram causados por veículos elétricos. Existem preocupações válidas sobre a ignição das baterias após serem apagadas, exigindo o uso de mais materiais

supressores de incêndio para controlar o incêndio do veículo. Garantir que os veículos elétricos e sua infraestrutura permaneçam tão seguros quanto os veículos convencionais em todas as possíveis causas de danos são fundamentais para manter a percepção pública dos veículos positiva, o que aumentaria a probabilidade de um consumidor escolher um veículo elétrico em vez de um convencional (ROBERTS,2020).

Com relação a toxicidade gerada no meio ambiente o estudo 2 aborda que VEs são alimentados por baterias que podem conter metais pesados em sua composição podendo contaminar o solo e a água, também enfatiza que há necessidade de amenizar ou até anular esses efeitos nos modelos seguindo os devidos cuidados e recomendações.

No estudo 13 de Wellings, Greenwood e Coles (2021) os autores destacam que estes fatores devem ser observados durante uma avaliação do ciclo de vida de veículos elétricos.

Corroborando com esta afirmação no estudo 4 de Zaneti (2018) enfatiza que os impactos identificados durante todo o ciclo de vida podem gerar danos desde a fase de extração com os mineradores e ao meio ambiente pois os resíduos da extração são, geralmente, liberados na natureza.

Outro ponto a ser considerado, é o fato de que quanto mais difícil o acesso, máquinas mais potentes são necessárias, o que exige um alto consumo de energia, nem sempre vindo de fontes renováveis (FGV Energia, 2017).

Os estudos 1,8 e 12 abordam questões da incerteza pela fonte energética primária que gera dúvidas na mente do consumidor e o mantém desconfiado sobre os reais benefícios de se obter este tipo de veículo (WARTH, 2013; BERKELEY, 2017).

O Brasil vive um período incerteza relacionadas a sua matriz energética, e existem discussões quanto ao seu futuro e a insegurança dela. Apesar de ser um dos países que possui maior uso de fontes renováveis de energia, o Brasil necessita mudar sua matriz e buscar alternativas que impliquem em menores gastos e mais visibilidade para o país. Alguns pesquisadores e cientistas da área levantaram as questões de criar alternativas que substituíssem os combustíveis, etanol, entre outros através da implementação de eletricidade para movimentar os carros, porém o Brasil ainda não tem essa estrutura e para que isso aconteça o país precisaria de uma grande mudança na infraestrutura sistêmica da matriz energética e nas ruas das cidades para que se adaptem a essa nova tecnologia. Porém é preciso avaliar se o custo desta mudança

compensa o benefício e se a matriz de energia elétrica suportaria essa mudança. SCHIAVI (2020).

No entanto, essa mudança na matriz energética é necessária para que possa diminuir essa dependência que os brasileiros têm em relação aos derivados do petróleo (VALENTIM, 2018).

Do outro lado da discussão, os segundos sustentam a sua posição nas emissões causadas pela produção de VEs e consequente disposição, que são mais elevadas, comparativamente, a um veículo com motor de combustão interna, e no facto do nível de emissões de CO₂ de um VE estar também dependente da forma como a eletricidade é produzida. Isto é, se a eletricidade utilizada para carregar os VEs provier de fontes renováveis, as emissões de CO₂ associadas aos VEs será consideravelmente inferior do que quando a energia provém de fontes não renováveis (Almeida, 2020). Na Europa, tendo em consideração a média das fontes de energia, os VEs demonstram ser mais limpos do que os VCs. Como no futuro se prevê haver mais eletricidade proveniente de energias renováveis, prevê-se também que os VEs se tornem ainda menos prejudiciais para o planeta (EUROPEU, 2019; NEVES, 2020)

4 CONCLUSÃO

É unânime a relação traçada entre as mudanças climáticas e o crescimento desproporcional das atividades antropogênicas, o que tem provocado desequilíbrio ambiental da terra. Este desequilíbrio tem degradado os biomas e sua biodiversidade.

O ciclo do transporte é uma das cadeias com a maior responsabilidade por esses resultados. Por isso, a implantação de medidas tecnológicas que minimizem estes impactos, são imprescindíveis na corrida pela garantia do equilíbrio do planeta.

Assim, a partir da contextualização do estudo, foi realizada uma análise e confrontado os rentes apontamentos de outros estudos procurando demonstrar como a implantação do Veículo Elétrico se apresenta, dentre outras, como uma notória alternativa na mitigação dos impactos ambientais e, assim no alcance de metas do desempenho ambiental no Brasil e no mundo, atingindo dessa forma o objetivo deste estudo.

Observa-se que comumente, o principal impacto ambiental apontado é o resultado visível que a implantação dessa frota agrega para a redução de emissões

atmosféricas, os chamados GEE – Gases de Efeito Estufa. No entanto, a partir deste estudo observou-se que a viabilidade ambiental na implantação dessa frota, vai além somente das questões de emissões atmosféricas, principalmente quando o projeto é analisado para todo o ciclo de vida do veículo.

O estudo identifica que é necessária a identificação dos impactos ambientais não só na etapa de utilização do veículo, mas desde a obtenção dos insumos e matérias-primas para sua produção até a sua utilização e descarte.

Assim sendo, a partir dos estudos selecionados foram elaboradas duas matrizes onde identificaram-se os elementos aceleradores e desaceleradores e em outra os impactos positivos e negativos, considerando todo o ciclo de vida do veículo elétrico.

Verificou-se então que muitos desses elementos não só foram associados como positivos, mas também identificados alguns negativos.

Por exemplo, a sonoridade é benéfica quando avaliada no sentido de que o veículo elétrico é mais silencioso, o que pode beneficiar inclusive a fauna e flora, afetada pelo barulho e vibrações. No entanto, se avaliado no sentido da segurança, esse silêncio se torna um problema, já que é o próprio barulho que chama a atenção dos usuários do sistema de trânsito.

Outro benefício é a utilização de energia renovável em toda a sua cadeia produtiva. Mas, é importante a atenção e a avaliação da demanda necessária para suprir essa cadeia, assim como a disponibilidade do recurso e garantia da diversificação da matriz energética. O aumento da demanda pode ser um incremento no investimento de desenvolvimento de outras tecnologias que garantam o suprimento do consumo da cadeia do veículo elétrico. No entanto, senão for bem gerido pode ser um caos, já que no Brasil a matriz apesar de ser predominantemente renovável, a partir de geração de energia elétrica pelas hidrelétricas, esse sistema é caro e antigo, além de sofrer periodicamente com períodos longos de escassez, provocados inclusive pela própria mudança climática, o que reduz abruptamente o volume dos reservatórios, sendo necessária a geração a partir de combustíveis fósseis, como as termoelétricas.

A fabricação de baterias é um problema. Os insumos utilizados são minerais e muitas vezes obtidos de forma ilícita, a partir de garimpos clandestinos, o que incentiva práticas de trabalho infantil, trabalho escravo, assim como a degradação de áreas indígenas, ou até mesmo conflitos civis, como no Congo. A garantia certificada do uso

de garimpos licenciados e comprometidos com as questões sociais é indispensável. O descarte dessas baterias, também deve ser bem gerido, estas preocupações são fundamentadas principalmente com relação aos danos que os elementos tóxicos presentes na bateria podem causar ao ambiente e a sociedade se não forem bem geridos, contaminando os ecossistemas onde forem descartados. O estudo mostra a carência de soluções bem definidas e a inexistência de uma cadeia bem estruturada e implementada para que o processo de descarte realmente funcione.

É importante ainda, citar outros elementos considerados aceleradores e desaceleradores na cadeia do veículo elétrico: determinação ou carência de legislações, isenção de impostos, incentivos governamentais, desenvolvimento de pesquisas, análise da cadeia de suprimentos para evitar o processo de *lock in*, assim como a garantia da inovação tecnológica.

Outros fatores como político e legal devem ser analisados regionalmente, inclusive considerando a necessidade de investimento não só em regiões industrializadas ou grandes capitais, mas em áreas rurais também. Atualmente, o maior número de políticas e investimentos ficam centralizadas nos grandes polos industriais.

O fator social é curioso pois aborda o olhar do consumidor, a mudança de mentalidade e a cultura ainda muito arraigada nos consumos de veículo a combustão, assim como o desconhecimento do VE pode evitar a adoção desses veículos.

Na questão tecnológica existem barreiras provocadas pelo processo de *lock in*, principalmente em função da indústria de combustíveis fósseis muito forte no país, incrementada pelos agrocombustíveis e os investimentos do pré-sal, assim como a falta de iniciativas governamentais, diversificação da matriz energética, redução de impostos, implantação de sistemas de abastecimento e rede de suprimentos de fornecimento de acessórios, capacitação de equipe especializada.

Ainda com relação aos fatores tecnológicos, o investimento em pontos de carregamento, a dispersão desses pontos e a modernização reduzindo as distâncias entre os pontos de abastecimento são condições que podem agilizar a adoção de VEs.

Sugere-se para futuros trabalhos o desenvolvimento de estudos que considerem a análise das baterias utilizadas em Veículos Elétricos identificando aspectos e impactos sociais, econômicos, técnicos e de segurança, considerando todo o seu ciclo de vida, ou seja, desde sua concepção na obtenção de insumos ao descarte final e processos de reciclagem.

COMPROVANTE DE ATUALIZAÇÃO DO CURRÍCULO LATTES



The image shows a screenshot of the Lattes Curriculum page for Marcelo da Costa Ridelensky on the CNPq website. The page is titled "Currículo Lattes" and features a navigation menu with options like "Dados gerais", "Formação", "Atuação", "Projetos", "Produções", "Patentes e Registros", "Inovação", "Educação e Populização do CBT", "Eventos", "Orientações", "Bancas", and "Outros". The user's profile information is displayed, including a placeholder for a photo, the name "Marcelo da Costa Ridelensky", and the URL "https://lattes.cnpq.br/". The page also shows the last update date as "27/08/2023" and the last publication date as "25/01/2013". A "Resumo" section is visible, containing the text "Possui graduação em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade Santa Cecília (1997)". At the bottom of the page, there are buttons for "Editar Resumo" and "Exibir texto completo do resumo".

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Currículo Lattes

Enviar

Dados gerais Formação Atuação Projetos Produções Patentes e Registros Inovação Educação e Populização do CBT Eventos Orientações Bancas Outros

Marcelo da Costa Ridelensky
ID: Endereço para acessar este CV: <https://lattes.cnpq.br/>
Última atualização: 27/08/2023
Última publicação: 25/01/2013

Resumo
Possui graduação em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade Santa Cecília (1997).

Editar Resumo Exibir texto completo do resumo

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, V. M.; FERRAZ, R. S. C. Base geral dos carros elétricos em relação ao consumo, impacto ambiental e custo-benefício, **Revista Ibero- Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v.8, n.11, p. 545-558, 2022. Disponível em: doi.org/10.51891/rease.v8i11.7433. Acesso em: 3 jan.2023.

AMNESTY INTERNATIONAL. Exposed: Child Labour Behind Smart Phone and Electric Car Batteries .**Revista Amnesty**. 2016. Disponível em: <https://www.amnesty.org/en/latest/news/2016/01/child-labour-behind-smart-phone-and-electric-car-batteries/>. Acesso em: 30.dez.2021.

ANTUNES, P. D. R. Veículos Elétricos, Funcionamento e seus benefícios. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) - **Centro Universitário UNIFACVEST**, Lages/SC, 2018. Disponível em: <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/d74d7-antunes,-p.-d.-r.-veiculos-eletricos-funcionamento-e-seus-beneficios.-tcc,-2018..pdf>. Acesso em: 02.fev.2021.

ARANGUES, Igor Rodrigues. SIQUEIRA, Adriano Francisco. AGUIAR, Leandro Gonçalves. RÓS, Patrícia Carolina Molgero. Veículos elétricos: Um estudo descritivo de seus impactos ambientais. **Research Society and Development** . August 2022. Disponível em: [10.33448/rsd-v11i11.32235](https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.32235).

ARANHA, W.M. Caracterização de bateria recarregável de lítio de veículos híbridos visando sua reciclagem. 2018. **Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Metalúrgica - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/18029>. Acesso em: 02.fev.2021.

ARBIB, J; SEBA, T. Rethinking Transportation 2020-2030 The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and Oil Industries. **RethinkX - Disruption, Implications and Choices**, maio, 2017. Disponível em: https://static1.squarespace.com/static/585c3439be65942f022bbf9b/t/591a2e4be6f2e1c13df930c5/1494888038959/RethinkX+Report_051517.pdf ntb=1. Acesso em: 20.fev.2021.

AUGENSTEIN, K. 2015. Analysing the potential for sustainable e-mobility - The case of Germany. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 14, p. 101-115. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2014.05.002>. Acesso em: 22.jul.2021

AZEVEDO, M. H. Carros elétricos :viabilidade econômica e ambiental de inserção competitiva no mercado brasileiro. 2018. **Monografia (Curso de Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto/MG**, 2018. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1579/6/MONOGRRAFIA_CarrosE%3%A9tricosViabilidade.pdf. Acesso em: 22.jul.2021.

BOON, W. P. C.; BAKKER, S. Learning to shield - Policy learning in socio-technical transitions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v.18, p.181- 200,

2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.06.003>. Acesso em: 21.jul.2021

BUENO, Chris. Tecnologia para um mundo sustentável: Brasil possui recursos naturais e humanos para desenvolver soluções que ajudem a proteger o meio ambiente. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 74, n. 4, p. 01-06, dez. 2022. Disponível em <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252022000400017&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15.jan.2023.

BURS, L.; ROEMER, E.; WORM, S.; MASINI, A. . Are they all equal? Uncovering adopter groups of battery electric vehicles. **Sustainability** (Switzerland), v.12, n.7, Article 2815. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12072815>. Acesso em: 20.jul.2021.

CAMPOS, F. R. N. Diversificação da matriz energética baseada em recursos renováveis: impactos sobre a segurança elétrica brasileira. 2018. **Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do Espírito Santo**, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/8460>. Acesso em: 20.jul.2021.

CASTRO, C. P.; CONSONI, F. L. Diagnóstico dos cenários de manejo ambiental do uso e disposição final de baterias de lítio de veículos elétricos. **Revista Científica E-Locução**, v.1, n.17, p.19, 2020. Disponível em: <https://periodicos.faex.edu.br/index.php/e-Locucão/article/view/252>. Acesso em: 18.mar.2022.

CLIMA INFO. Uma Breve história dos veículos elétricos. **Revista eletrônica Clima Info**. 2017. autor desconhecido. Disponível em: <https://climainfo.org.br/2017/09/25/uma-breve-historia-dos-veiculos-eletricos>. Acesso em: 20.jul.2021.

EUROPEU, P. Emissões de dióxido de carbono nos carros: factos e números (infografia). **Atualidade Parlamento Europeu**. 2019. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20190313STO31218/emissoes-de-co2-dos-carros-factos-e-numeros-infografias#:~:text=Em%202019%2C%20a%20maioria%20dos,%2C7%25%20verificad os%20em%202020>. Acesso em: 21.jul.2021.

FEREGUETTI, L. Carro elétrico: duzentos anos de história cheia de altos e baixos. **Revista eletrônica Engenharia 360**, Automóveis, 2019. Disponível em: <https://engenharia360.com/carro-eletrico-historia>. Acesso em: 22.jul.2021.

FGV Energia. Carros elétricos. **FGV Energia**, maio 2017, ano 4, nº 7, accenture, Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19179/Caderno%20Carros%20Eltricos-FGV-BOOK%20VFINAL.pdf>. Acesso em: 02.fev.2022.

FRANKE, T., NEUMANN, I., BÜHLER, F., COCRON, P. e KREMS, J. F. Experiencing Range in an Electric Vehicle: Understanding Psychological Barriers. **Applied Psychology**, v.61, n. 3, p. 368-391,2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1464-0597.2011.00474.x>. Acesso em: 20.jul.2021.

FREITAS, Felipe Tomaz. MARCHESINI, Márcia Maria Penteado. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) das baterias de lítio utilizadas nos veículos elétricos. **Revista Digital Produto & Produção**, vol. 23, n.3, p. 1-20. 2022. Universidade Federal do ABC (UFABC). Disponível em:

https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiL2Mixq_CAAxVZrpUCHSL0DpwQFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Fseer.ufrgs.br%2FProdutoProducao%2Farticle%2Fview%2F121904&usq=AOvVaw36PbChTAcuMTsoL0Bfo7Tn&opi=89978449.

GAINES, L. The future of automotive lithium-ion battery recycling: charting a sustainable course. *Sustainable Materials and Technologies*, **Elsevier**, v.1-2, p. 2-7, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2014.10.001>. Acesso em: 02.fev.2022.

GEELS, F. W. A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies. **Journal of Transport Geography**, v.24, p. 471–482, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo>. Acesso em: 02.fev.2022.

GEELS, F. W. Low-carbon transition via system reconfiguration? A sociotechnical whole system analysis of passenger mobility in Great Britain (1990–2016). **Energy Research and Social Science**, v.46, p. 86-102, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.07.008>. Acesso em: 21.jul.2021.

GOMEZ, J. P. E. O veículo elétrico no Brasil: análise baseada nos Sistemas Tecnológicos de Inovação (STI). 2016. **Dissertação (Mestrado em Transportes Urbano) – Universidade de Brasília** – Brasília/DF, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26512/2016.07.D.22154>. Acesso em: 02 jul.2021.

HAWKINS, T.R.; SINGH, B.; MAJEAU-BETTEZ, G.; STRØMMAN, A.H. Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. **Journal of Industrial Ecology**. v.17, n.1, p. 53–64, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/256048655_Comparative_Environmental_Life_Cycle_Assessment_of_Conventional_and_Electric_Vehicles. Acesso em: 21.jul.2021.

HERNANDEZ, M.; MESSAGIE, M.; DE GENNARO, M.; VAN MIERLO, J. Resource depletion in na electric Vehicle powertrain using diferente LCA. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 120, p. 119–130, mai.2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.11.005>. Acesso em: 08 jul.2021.

HIGH TECH. 10 carros elétricos com mais autonomia no mercado atual, **Revista Digital PPLWARE**, 20 mar. 2018. Disponível em: <https://pplware.sapo.pt/high-tech/10-carros-eletricos-autonomia/>. Acesso em: 02 jul.2021.

IPCC. Climate Change 2022 – Migration of Climate Change. **Working Group III, contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 07 jul.2021.

KELLY, A. Apple and Google Named in US Lawsuit over Congolese child Cobalt Mining Deaths. **The Guardian**. 2019. Disponível em: <https://www.theguardian.com/global->

development/2019/dec/16/apple-and-google-named-in-us-lawsuit-over-congolese-child-cobalt-mining-deaths. Acesso em: 30.dez.2021

KOCHE, J. C. Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. **Edição digital, Petrópolis: Vozes**, 2011. Bibliografia ISBN 85.326.xxxx-x - 1. Ciência – Metodologia 2. Pesquisa – Metodologia I. Título. Disponível em: <https://btux.com.br/professorbruno/wp-content/uploads/sites/10/2018/07/K%C3%B6che-Jos%C3%A9-Carlos0D0AFundamentos-de-metodologia-cient%C3%ADfica--teoria-da0D0Aci%C3%AAncia-e-inicia%C3%A7%C3%A3o-%C3%A0-pesquisa.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2021.

LIBÓRIO, D.; TERRA, L. Metodologia Científica. **Laureate Internacional University**. 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/download/53349152/metodologia_cientifica_unidade_2.pdf. Acesso em: 02 jul. 2021.

LOMBARDI, I.; TRIBIOLI, L.; COZZOLINO, R.; BELLA, G. Comparative environmental assessment of conventional, electric, hybrid, and fuel cell powertrains based on LCA. **The International Journal of life Cycle Assessment**, v. 22, 10 mar. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1294-y>. Acesso em: 07 jul. 2021.

LONGUINHO, D. ANA destaca importância da recuperação de reservas hídricas no Brasil. **Radio Agência Nacional**, Brasília, DF, Brasil, 14 set 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/meio-ambiente/audio/2021-09/ana-destaca-importancia-da-recuperacao-de-reservas-hidricas-no-brasil>. Acesso em: 20.set.2021.

LUNA, T. F.; VOLAN, T.; VAZ, C. R.; MALDONADO, M. U. Barreiras à difusão de carros elétricos no mundo e a situação no Brasil, **Research Gate**, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336069673_Barreiras_a_difusao_de_carros_eletricos_no_mundo_e_a_situacao_no_Brasil. Acesso em: 20.jul.2021.

MACHADO, I. F. Expectativa e Realidade: Desafios de Utilização dos Veículos Elétricos. 2022. **Dissertação (Mestrado em Economia e Gestão da Inovação) – Faculdade de Economia do Porto**, Porto, Portugal, 2022. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/145808/2/593762.pdf>. Acesso em: 15.Mar.2022. (12).

MATEUS, J. C. D. Uma aplicação da técnica de cenários para a indústria de autopeças de veículos de passageiros e comerciais leves movidos por motor a combustão interna no Brasil: potenciais cenários para a indústria automotiva frente à possível adoção dos veículos elétricos. 2021. **Dissertação (mestrado profissional MPA) – Fundação Getúlio Vargas**, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível: <https://hdl.handle.net/10438/31219>. Acesso em: 15.mar.2022.

MAZON, M. T.; CONSONI, F. L.; QUINTAO, R. Perspectivas para a implantação do veículo elétrico no Brasil: uma análise a partir do Sistema Nacional de Inovação e das redes colaborativas de C&T. **In Congresso da Associação Latino-Americana de Gestão de Tecnologia**, v.1, p. 4140-4155, 2013. Disponível em:

<https://repositorio.altecasociacion.org/handle/20.500.13048/865>. Acesso em: 20.jul.2021.

McGUTHRIE, PETER. Carros elétricos poluem menos que os a gasolina no ciclo de vida, 22 fev.2022. **Revista EVANNEX traduzido e postado pela UOL**. Disponível em: <https://insideevs.uol.com.br/news/569244/carros-eletricos-menores-emissoes-gasolina/#:~:text=A%20Universidade%20de%20Yale%20realizou,uma%20mat%C3%A9ria%20da%20Revista%20Antropoceno>. Acesso em: 20.jul.2022.

MENDONÇA, A. T. B. B.; CUNHA, S. K.; NASCIMENTO, T. C. N. Relações Multiníveis e Inovação Sustentável: O Programa Veículo Elétrico da Itaipu Brasil, **Periódicos IBEPES**, v.17, n.3, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.21529/RECADM.2018013>. Acesso em: 20.jul.2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA 01 – Considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, 23.jan.1986, Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=0b15ae1c6d243f27JmltdHM9MTY5MjY2MjQwMCZpZ3VpZD0wNDZkNzUwYi04NzFhLTY4YTItMjFINS02NjVlODYzNDY5NDMmaW5zaWQ9NTE3Ng&ptn=3&hsh=3&fclid=046d750b-871a-68a2-21e5-665e86346943&psq=Resolu%c3%a7%c3%a3o+CONAMA+1+1986&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuaWJhbWEuZ292LmJyL3NvcGhpYS9jbmlhL2xiZ2lzbGFjYW8vTU1BL1JFM DAwMS0yMzAxODYuUERG&ntb=1>

MORAES, H. B.; BARASSA, E.; CONSONI, F. L. Conhecimento Científico e Tecnológico Para o Veículo Elétrico no Brasil: Uma Análise a Partir Das Instituições de Ciência e Tecnologia e Seus Grupos de Pesquisa, **Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2016**. Disponível em: <https://desafioonline.ufms.br/index.php/deson/article/view/2087>. Acesso em: 20.jul.2021.

MORTON, C.; ANABLE, J.; YEBOAH, G.; COTTRILL, C. The spatial pattern of demand in the early market for electric vehicles: Evidence from the United Kingdom. **Journal of Transport Geography**, v.72, p. 119-130, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.08.020>. Acesso em: 21.jul.2021.

NASTARI, P. M. Não podemos errar. **Agroanalysis**, v. 38, n. 3, p. 18-19, 2018. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/view/78228>. Acesso em: 30.dez.2021.

NELSON, R. R. Economic Development from the Perspective of Evolutionary Economic Theory. **Oxford Development Studies**, v. 36, n.1, p. 9-21, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13600810701848037>. Acesso em: 20.jul.2021.

NEVES, L. P. C. Barreiras e motivações à compra de um veículo elétrico. Dissertação (Mestrado em Economia Empresarial) - **Universidade Católica Portuguesa**, Porto, Portugal, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.14/33959>. Acesso em: 20.jul.2021

NIEUWENHUIS, P. Alternative business models and entrepreneurship: The case of electric vehicles. **International Journal of Entrepreneurship and Innovation**, v.19, n.1, p. 33-45, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1177/1465750317752885>. Acesso em: 21.jul.2021

OFV. Bilsalget i juni 2019. **OFV**. 2019. Disponível em: <https://ofv.no/bilsalget/bilsalget-i-juni-2019-1>. Acesso em: 30.dez.2021.

OLIVEIRA, D. Frota mundial de veículos elétricos será de 145 milhões em 2030, **Jornal do carro**, 2021. Disponível em: <https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/frota-mundial-de-veiculos-eletricos-sera-de-145-milhoes-em-2030/>. Acesso em: 20.jul.2021.

PARME, E. Primeiro carro que chegou a Seattle em 1900 era elétrico. **Revista Emilio Parme**, 2012. Disponível em: <https://emilioparme.com/2012/07/24/o-primeiro-carro-que-chegou-a-seattle-em-1900-era-eletrico/>. Acesso em: 25.jul.2021.

PASSOS, E. Impressões: Renault Zoe é elétrico pop em tudo, menos no preço. **Revista Quadro Rodas**, Editora Abril, 10 jun.2021. Disponível em: <https://quatorodas.abril.com.br/noticias/impressoes-renault-zoe-e-eletrico-pop-em-tudo-menos-no-preco>. Acesso em: 20.jul.2021.

PORTAL ENERGIA. Energias Renováveis. Vantagens e desvantagens do Carro Elétrico vs Gasolina. **Portal Energia**, 2018. Disponível em: <https://www.portalenergia.com/vantagens-e-desvantagens-do-carro-electrico-vs-gasolina/>. Acesso em: 25.jul.2021.

PORCHERA, G. S. O.; LOSS, M. E. S.; MIRANDA, P. H. R.; LEAL, É. A. S. Vantagens e Barreiras à Utilização de veículos elétricos. **Simpósio de Excelência de Gestão e Tecnologia**, 2016. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/28224302.pdf?msckid=bfc46db1bb4e11ec96f4cb71199890c7>. Acesso em: 20.jul.2021.

REIS, E. P.; FERREIRA, G. K.; SILVA, N. F.; CASTRO, D. E. A importância da reciclagem do cobre na sustentabilidade de carros elétricos. **Revista Conexão Ciência**, v.14, n.3, 2019. Disponível em: https://www.academia.edu/57893743/A_import%C3%A2ncia_da_reciclagem_na_sustentabilidade_de_carros_el%C3%A9tricos. Acesso em: 15.mar.2022.

REUTERS. Electric Cars Grab almost Half of Sales in Oil-Producing Norway **Reuters**. 2019. Disponível em: <https://uk.reuters.com/article/us-autos-electric-norway/electric-cars-grab-almost-half-of-sales-in-oil-producing-norway-idUKKCN1TW2WO>. Acesso em: 30.dez.2021.

REVISTA EASY. Por que carros elétricos são importantes para o meio ambiente. **Revista Digital Easy**, 02.ago.2022. Disponível em: <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=95374e169540a055JmItdHM9MTY5MjIzMDQwMCZpZ3VpZD0wNDZkNzUwYi04NzFhLTY4YTItMjFINS02NjVIODYzNDY5NDMmaW5zaWQ9NTI4OA&pfn=3&hsh=3&fclid=046d750b-871a-68a2-21e5-665e86346943&psq=a+importancia+dos+carros+el%C3%A9tricos+na+preserva%C3%A7%C3%A3o+da+biodiversidade&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cubGlua2VkaW4uY29tL3B1>

bHNIL3Bvci1xdWUtY2Fycm9zLWVsJUMzJUE5dHJpY29zLXMIQzMIQTNvLWlTcG9ydGFudGVzLXBhcmEtby1tZWlvLWFtYmllbnRILQ&ntb=1. Acesso em: 15/12/2022.

REVISTAS PEQUENAS EMPRESAS & GRANDES NEGÓCIOS. Todos os veículos a gasolina vão desaparecer em oito anos, diz estudo. **Revista Pequenas Empresas & Grandes Negócios**, Grupo Globo, 24 Mai.2017. Disponível em: <https://revistapegn.globo.com/Tecnologia/noticia/2017/05/todos-os-veiculos-gasolina-vao-desaparecer-em-oito-anos-diz-estudo.html>. Acesso em: 15.jul.2021.

ROBERTS, G. Vehicle fire data suggests higher incident rate for EVs. **Fleet News**.2020. Disponível em: <https://www.fleetnews.co.uk/news/manufacturers-news/2020/11/27/vehicle-fire-data-suggests-higher-incident-rate-for-evs>. Acesso em: 21.jul.2021

RODRIGUEZ, F. Agência Nacional de Águas declara situação hídrica “crítica” em 5 estados, **Revista eletrônica Poder 360**, 2021. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/economia/agencia-nacional-de-aguas-declara-situacao-hidrica-critica-em-5-estados/>. Acesso em: 30.jul.2021.

SANCHES, L. S. Contexto energético da mobilidade individual urbana no Brasil: análise do ciclo de vida e avaliação do impacto ambiental de carros elétricos. 2021. 112 f., il. **Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) — Universidade de Brasília**, Brasília, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unb.brhandle/10482/42553>. Acesso em: 15.mar.2022.

SANDERSON, H. C. Child Labour And Your Electric Car. **Financial Times**. Jul.2019. Disponível em: <https://www.ft.com/content/c6909812-9ce4-11e9-9c06-a4640c9feebb>. Acesso em: 30.dez.2021.

SANTOS, A. O.; LINZMAYER, E.; MARTINS, G. S.; GOMEZ, G. Q. F.; VITOR, T. S. Impactos socioambientais decorrentes da nova geração de baterias aplicadas em carros elétricos. **Revista Expressão Da Estácio**, v.4, n.1, p. 42–53, 2020. Disponível em: <https://estacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/REDE/article/view/496>. Acesso em: 30.jul.2021.

SCHIAVI, M. T. Estudo das tendências e desenvolvimentos tecnológicos do carro elétrico no Brasil. 2020. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Sociedade) – **Universidade Federal de São Carlos, São Carlos**, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13246>. Acesso em: 18.jul.2021.

SEEG. Painel de Emissões – Setor Transporte, Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, 2020, **Observatório do Clima**. Disponível em: <http://seeg.eco.br>. Acesso em: 18.jul.2021.

SILVA, M. L. R. R. O desenvolvimento da indústria de veículos elétricos no Brasil: o papel das políticas públicas. 2018. Dissertação (Mestrado em Administração) – **Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, USP**, São Paulo, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.11606/D.12.2019.tde-07022019-155215>. Acesso em: 18.jul.2021.

SILVA, S. B. Competição tecnológica: principais conceitos e casos elucidativos. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Relações Internacionais) – **Universidade Federal de Uberlândia**, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/27957>. Acesso em 30.mai.2022.

SILVA, M. B.; RODRIGUES, J. L. Veículos elétricos: Histórico, Barreiras e possibilidades no Brasil e Amazonas. **Amazon live jornal**. v.2, n.4, p.1-13, 2020, ISSN: 2675-343X, Disponível em: http://amazonlivejournal.com/wp-content/uploads/2020/12/VE%C3%8DCULOS-EL%C3%89TRICOS_-HIST%C3%93RICO-BARREIRAS-E-POSSIBILIDADES-NO-BRASIL-E-AMAZONAS.pdf. Acesso em: 18.jul.2021.

SILVA, Mábia Marelino Montalvão da. SILVA, Lays Xavier Da . SILVA, Milleny Almeida. DUARTE, Thainá Guimarães. OLIVEIRA, Ana Cláudia Alves de. Efeitos do dióxido de carbono na saúde e no meio ambiente. **Faculdade Alfredo Nasser**, 21.nov.2016. Disponível em: <https://www.bing.com/ck/a?!&p=6f99206e769f2fc6JmltdHM9MTY5MjY2MjQwMCZpZ3VpZD0wNDZkNzUwYi04NzFhLTY4YTItMjFINS02NjVIODYzNDY5NDMmaW5zaWQ9NTE5NA&ptn=3&hsh=3&fclid=046d750b-871a-68a2-21e5-665e86346943&psq=Efeitos+do+di%C3%B3xido+de+carbono+na+sa%C3%Bade+e+no+meio+ambiente.+Faculdade+Alfredo+Nasser&u=a1aHR0cDovL3d3dy5mYWN1bGRhZGVhbGZyZWVbmFzc2VybWVkdS5ici9maWxlcy9wZXNxdWlzYXJfNS8yMS0xMS0yMDE2LTlxLjM0LjU2LnBkZg&ntb=1>. Acesso: 15.dez.2022.

SOARES, V. A. Estudo do descarte sustentável de baterias de lítio e de chumbo. **Centro Universitário Sagrado Coração**, Bauru, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unisagrado.edu.br/jspui/handle/handle/378>. Acesso em: 15.abr.2022.

STRUBEN, J; STERMAN, J. Transition Challenges for Alternative Fuel Vehicle and Transportation Systems. **Environment and Planning B Planning and Design**, v.35, n.6, p. 1070-1097, 2008. DOI:10.2139/ssrn.881800. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/23541706>. Acesso em: 21.jul.2021.

UMICORE. Responsible global supply chain of minerals from conflict-affected and high risk areas. **Umicore**. 2018. Disponível em: <https://www.umicore.com/en/media/topics-of-interest/conflict-minerals/>. Acesso em: 30.dez.2021.

UK GOVERNMENT. Electric Vehicle Charging Device Statistics October 2020. **UK Government: London, UK**, 2020. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/933587/electric-vehicle-charging-device-statistics-october-2020.pdf. Acesso em: 21.jul.2021.

VOLAN, T.; VAZ, C. R.; MALDONADO, M. U. Panorama do estado atual da difusão de veículos elétricos no Brasil. **Research Gate**. 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Tainara-Volan/publication/335492321>. Acesso em 21.jul.2021.

YONG, T.; PARK, C. Uma análise comparativa qualitativa sobre os fatores que afetam a implantação de veículos elétricos. **Energy Procedia**, v.128, p.497–503. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.066>. Acesso em: 30.dez.2021.

ZANETTI, L. A. L. Diagnóstico dos produtos e serviços complementares para a adoção dos carros elétricos e híbridos no Brasil. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas), **Universidade Federal de Santa Catarina**, Florianópolis, 2018. Disponível em: https://sinergia.ufsc.br/wp-content/uploads/2017/09/TCC_Leticia2018.pdf. Acesso em:12.abr.2021.

ZACKRISSON, M; AVELLÁN, L.; ORLENIUS, J. Life cycle assessment of lithium -ion batteries for plug -in hybrid electric Vehicles - Critical issues. **Journal of Cleaner Production**. v. 18, n.15, p. 1519-1529, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.06.004>. Acesso em: 30.dez.2021.

ZHANG, W.; LU, J.; GUO, Z. Challenges and future perspectives on sodium and potassium ion batteries for grid-scale energy storage. **Materials today**. v.50, p. 400-417, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2021.03.015>. Acesso em: 08.dez.2021.

WANG, N.; TANG, L.; PAN, H. Analysis of public acceptance of electric vehicles : An empirical study in Shanghai. **Technological Forecasting and Social Change**. v.126, p. 284-291. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.09.011>. Acesso em: 20.abr.2021.

WELLINGS, J.; GREENWOOD, D.; COLES, S.R. **Understanding the Future Impacts of Electric Vehicles—An Analysis of Multiple Factors That Influence the Market**, v.3, n.4, p. 851-871, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/vehicles3040051>. Acesso em: 30.dez.2021.

WWF-BRASIL. O papel dos veículos elétricos na economia limpa Programa mudanças climáticas e energia, **WWF-Brasil**, Brasil, 2017. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?61662/O-Papel-dos-Veculos-Eltricos-na-Economia-Limpa>. Acesso em: 21.jul.2021.