



PROJEÇÃO DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA CONSIDERANDO O AUMENTO DA FROTA DE CARROS ELÉTRICOS E DO NÚMERO DE ESTAÇÕES DE ABASTECIMENTO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Luan Maffioletti¹
João Mota Neto²
Eron da Silva³

Resumo: A mobilidade elétrica e conseqüentemente o aumento das frotas de carro elétrico em âmbito estadual e nacional é destaque nos últimos anos devido ao incentivo público fornecido aos consumidores, frente as vantagens que o mercado elétrico está oferecendo. Dentre as diferentes vantagens apontadas para o uso de carros elétricos, três possuem maior destaque, sendo elas: a sustentabilidade, eficiência energética e inovação tecnológica. O objetivo deste trabalho é realizar um cenário de projeção da demanda de energia elétrica para o aumento da frota de carros elétricos estimadas até 2050 no estado de Santa Catarina. A metodologia utilizada foi quali-quantitativa, sendo coletados dados de páginas eletrônicas principalmente governamentais. Os resultados indicaram que, no cenário projetado, o aumento da frota de carros elétricos será de aproximadamente 63 vezes, o que implicará no aumento do consumo de energia elétrica para este mercado e discorrerá na necessidade de novas instalações de carregadores, uma vez que atualmente o estado conta com 34 pontos de recargas públicas.

Palavras-chave: Carros elétricos. Projeção. Consumo de energia elétrica.

1 INTRODUÇÃO

A mobilidade elétrica é um setor que está crescendo consideravelmente nos últimos anos em todos os países pois prioriza questões voltadas a soluções de mobilidade limpas, sustentáveis e eficientes. Outro fato que é destacado quanto ao impulsionamento da mobilidade elétrica são as vantagens relacionadas a aderência do consumidor a este mercado, sendo destaque: infraestrutura de carregamento, tecnologia de baterias, integração de veículos elétricos a rede elétrica, investimento e incentivo público, redução da poluição do meio ambiente, dentre outros.

¹ Graduando em Automação Industrial, 2023. E-mail: luan_maffioletti@hotmail.com

² Coordenador do Curso de Engenharia Mecatrônica UniSATC. e-mail: joao.neto@satc.edu.br

³ Professor da Engenharia Mecatrônica - UNISATC e-mail: eron.silva@satc.edu.br



Relacionado aos carros elétricos, eles são apresentados no mercado automobilístico com diferentes vantagens frente a carros comuns. As principais estão associadas a sustentabilidade ambiental, através da redução de emissão de CO₂ e zero emissões locais; economia de combustível, uma vez que o consumidor não está sujeito a variação do mercado de óleo e gás; comodidades associadas ao desempenho e silenciamento do carro; carregamento facilitado, uma vez que o mesmo pode ser realizado a domicílio/industrial e em vias públicas; eficiência energética, associada a eficiência da conversão da energia elétrica em movimento; tecnologia avançada; dentre outros (IEA, 2023; PNME, 2022).

Referente a isto, é importante que haja uma infraestrutura de carregamento destes veículos, pois, para que haja o aumento da frota, é necessário que uma estrutura seja fornecida ao consumidor para garantir recarregamento. Com isso, incentivos federais, estaduais e municipais começaram a ser adotados para garantir que a demanda interna de energia atenda a necessidade do consumidor nos próximos anos, considerando o aumento expressivo da frota em todo o território nacional (NeoCharge, 2023).

Assim, este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo realizar uma projeção da frota de carros elétricos no estado de Santa Catarina, avaliando o aumento de consumo de energia elétrica e infraestrutura presente no estado o que servirá como aporte para o planejamento de novas estações públicas de carregamento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste item serão abordados assuntos que servem como base teórica para os conceitos e informativos apresentados posteriormente no Estado da Arte, onde serão abordados conceitos referentes aos temas, de acordo com artigos e base de dados científicos que servirão como aporte para a realização deste estudo.

2.1 MOBILIDADE ELÉTRICA

Devido principalmente a questões voltadas a descarbonização das matrizes energéticas mundiais, vinculadas à mudanças climáticas em consequência da



poluição atmosférica, novas alternativas de transporte vêm sendo desenvolvidas para reduzir ou eliminar matrizes de fontes poluidoras (IEA, 2021).

Referente a novas alternativas voltadas a diminuição de fontes poluidoras, a mobilidade elétrica é impulsionada devido a suas vantagens, que vão desde a sustentabilidade ambiental, avanços de tecnologia de baterias, economia de custo a longo prazo, inovação de modelo de negócio dentre outros. Neste contexto, a eletrificação dos veículos surgiu como uma das ações deste setor e a cada dia está sendo incentivada principalmente devido ao incentivo político em países desenvolvidos voltados a nova matriz energética mundial (Leroutier, 2023).

Relacionado a nível mundial sobre mobilidade elétrica, a China e países da Europa e Estados Unidos anunciaram recentemente que irá ser banido os veículos a combustão e também a gasolina e diesel até 2040, sendo que nos Estados Unidos, espera-se que até 2030, 50% dos carros do país sejam elétricos. Estes índices, conforme comentado anteriormente, estão relacionados ao incentivo de descarbonização do sistema automobilístico em geral, o que corrobora para o incentivo do comércio e desenvolvimento de carros elétricos, por exemplo (CERTI, 2023).

Os países da América Latina estão incentivando a mobilidade elétrica isto porque estudos indicam que grande parte dos países estão com níveis de qualidade do ar (relacionado a emissão de material particulado) acima do permitido pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Peru lidera o ranking com concentrações de 5 a 7 vezes maiores que as permitidas, Chile, Guatemala e México, 3 a 5 vezes acima, Uruguai, Colômbia e Brasil 2 a 3 vezes e Equador, Argentina e Costa Rica 1 a 2 vezes. Outro fato que contribui para o incentivo é a exploração de minerais, como o lítio, que é utilizado na fabricação das baterias dos veículos elétricos, e as maiores reservas mundiais estão localizadas na Bolívia, Argentina e Chile (IEA, 2021; PNME, 2022), sendo criado em alguns países as Associações de Mobilidade Elétrica na América Latina, apresentadas na Figura 1.

Figura 1: Associações de Mobilidade Elétrica da América Latina.



Fonte: Stopfer, 2021.

No Brasil, nos últimos anos tem-se intensificado políticas voltadas a mobilidade elétrica, as quais vão desde cursos (22/2018 da ANEEL) relacionados a projetos em desenvolvimento desta indústria no país, criação de novas startups, investimentos de empresas consolidadas no mercado brasileiro e chamadas estratégicas da ANEEL que estão diretamente ligadas ao Programa Rota 2030, relacionado ao impulsionamento de pesquisas e desenvolvimento para alternativas à combustão com foco em questões de mudanças climáticas. Outros dois pontos devem ser destacados pois, acabam influenciando diretamente neste mercado: o aumento do preço do petróleo e a geração de energia elétrica de fontes renováveis (PNME, 2022; Galicki, 2022).

Relacionado ao aumento do preço do petróleo, o mesmo traz impactos em *commodities* em geral e energético, na inflação e nos juros, os quais acabam atingindo operações que são dependentes destes recursos devido a elevação do preço do diesel e da gasolina, por exemplo, o que acaba incentivando e tornando o mercado de veículos elétricos atraentes para o cenário nacional, devido a comparação direta existente entre o preço dos combustíveis e da energia elétrica a qual é preferencialmente gerada a partir de fontes renováveis, principalmente hídrica. Outro fato que corrobora para a mobilidade elétrica no país são as políticas públicas desenvolvidas em âmbitos federais, estaduais e municipais (Braz e Souza, 2019). Na Tabela 1 são apresentados alguns exemplos.



Tabela 1 – Exemplos de políticas públicas em esferas federais, estaduais e municipais (PNME, 2022).

Política Pública	Órgão Responsável	Objetivo Principal
Resolução CAMEX n° 97 de 26 de outubro de 2015	Câmara de Comércio Exterior - Ministério da Economia	Determina isenção ou diminuição do imposto de importação para VEB, VEH e VEHP ¹
Resolução ANEEL n° 819 de 19 de junho 2018	Agência Nacional de Energia Elétrica - Ministério de Minas e Energia	É o primeiro sinal regulatório que fundamenta os princípios do serviço de recarga dos veículos em eletropostos
Decreto da Presidência da República n° 9.442 de 5 de julho de 2018	Secretaria Geral da Presidência da República	Determina diminuição da alíquota de Impostos sobre Produtos Industrializados para VEB e VEH
Programa de eletromobilidade do BNDES	Banco Nacional de desenvolvimento econômico e social - Ministério da Economia	Financiamento para o desenvolvimento de um ecossistema de eletromobilidade e compras de veículos elétricos por corporações
Projeto VEM DF	Distrito Federal/DF	Compartilhamento de veículos elétricos para frotas públicas do governo do Distrito Federal
Dia da mobilidade elétrica	Paraná	Criação de uma data estadual oficial para a mobilidade elétrica
Redução da alíquota de ICMS	São Paulo	Redução do ICMS para veículos elétricos e híbridos
Parceria SC/GM	Santa Catarina	Parceria visa fomentar a mobilidade elétrica
Lei 14.826 de 2016	Curitiba/PR	Estabelece a política municipal de incentivo ao uso de carros elétricos ou movidos a hidrogênio
Lei n° 7.028 de 2021	Distrito Federal/DF	Isenção do IPVA
Lei n° 6.449 de 2022	Jacaraí/SP	Soluções de recarga para veículos elétricos
Frota urbana 100% elétrica e sustentável	São José dos Campos SP	O transporte público urbano na cidade contará com uma frota 100% elétrica e sustentável até o final de 2022
Contrato para coleta de lixo	Rio de Janeiro	Compra de caminhões elétricos para coleta de lixo

No Estado de Santa Catarina, o Decreto n° 2.113 de 11 de agosto de 2022, instituiu o Programa Catarinense de estímulo à mobilidade elétrica (Programa SC+Elétrica) com o objetivo de incentivar a utilização de energia elétrica aplicada à

VEB – Elétrico a bateria; VEH – Elétrico híbrido; VEHP – Elétrico híbrido plug-in



mobilidade. Também, anunciou juntamente com a Celesc o maior investimento para apoiar o aumento de carregamento para carros elétricos nas rodovias estaduais além de iniciarem tratativas de investimento financeiro no estado com a montadora chinesa GWM - Great Wall Motor (ASCOM, 2023).

2.2 CARRO ELÉTRICO

De acordo com Iberdrola (2023), os carros elétricos surgiram na Alemanha por volta de 1880, sendo antes disso, criado o primeiro motor elétrico em 1828. O problema relacionado a invenção estava na durabilidade da bateria, uma vez que a mesma não possuía um sistema de recarregamento, o que acabava impactando e comprometendo o desenvolvimento dos carros. O primeiro projeto (Alemanha, 1880) consistiu em uma charrete de quatro rodas, que podia chegar a 15 km/h e anos depois, com o aperfeiçoamento da invenção, atingiu-se 115 km/h. Anos depois, os carros foram símbolo de poder e elitização da sociedade e junto disso, surgiu o investimento de marcas como Toyota, Honda, BMW, Tesla, entre outras, o que proporcionou um aumento da oferta/procura destes veículos.

Tabela 2: Principais modelos de carros elétricos lançados em 2022.

Modelo	Montadora
Han	BYD
Tan	BYD
iX3	BMW
Bolt	Chevrolet
Mustang Mach E	Ford
Big Cat	GWM
E-J7	JAC
Kwid	Renault
ID.3	Volkswagen
ID.4	Volkswagen
C40 Recharge	Volvo

Fonte: PNM (2022).

Atualmente, as principais fabricantes de veículos elétricos no Brasil são: Volvo, Renault, JAC, Caoa Chery, BMW, Audi, Mini, Nissan, Peugeot e BYD sendo que algumas dessas, no ano de 2022, lançaram no mercado alguns modelos de carros elétricos, conforme foi listado na tabela 2.



Relacionados ao mercado de maneira geral, diferentes tipos e categorias de veículos elétricos são fabricados atualmente: modelo híbrido (VEH), carro híbrido plug-in (VEHP), veículo híbrido leve (VEHL), carro elétrico de autonomia prolongada (REEV) e carro elétrico a bateria (VEB) (Engie, 2022).

Frantz (2023), comenta que o modelo híbrido está relacionado ao abastecimento, que pode ser convencional (gasolina, diesel e álcool) e movido a energia a partir do uso de baterias, sendo que o motor elétrico serve para melhorar a eficiência do motor à combustão interna, bem como auxiliar na tração em baixa potência. Isto faz com que o veículo possua vantagens frente à carros tradicionais devido a melhor eficiência do uso de combustíveis.

O modelo *híbrido plug in* difere-se do modelo híbrido “puro”, por realizar o carregamento da bateria em fontes internas e externas, conectando-se a bateria do carro a um posto de carregamento comum aos veículos elétricos. De acordo com Campino (2021):

Apesar da tecnologia associada a um veículo híbrido plug-in ser bastante interessante, devido a não depender apenas de uma fonte energética (fonte elétrica e fonte térmica) mas também a capacidade de efetuar carregamentos externos, apresenta problemas ao nível da recolha e análise de dados, isto porque, durante a fase de recolha de dados, a montagem dos equipamentos além de ser bastante complexa, coloca os responsáveis pelos testes em contato com níveis de corrente e tensão elétrica elevados, devido à necessidade de efetuar um controlo direto do fluxo de energia nos bornes da bateria de propulsão, possibilitando acidentes por choque elétrico (Campino, 2021, p.11).

Os modelos de carro híbridos leves (MHEV), diferencia-se dos outros modelos híbridos pelo tamanho do motor, o qual é menor, e que serve apenas para diminuir o consumo de combustíveis já que seu auxílio é utilizado em situação a qual é exigido uma potência extra do motor a combustão (Engie, 2022). Já o carro elétrico de autonomia prolongada (REEV), funciona ao contrário do MHEV, onde o motor elétrico é o principal motor do veículo e o motor a combustão serve como auxílio para quando a carga de bateria estiver muito baixa.

Já os carros 100 % elétricos (VEB – veículo elétrico a bateria), destacam-se dos demais veículos por possuir um sistema de carregamento de baterias a qual necessita de um carregamento à rede elétrica, seja por tomada ou fonte específica para carros elétricos. A Figura 2 apresenta as principais diferenças entre os veículos mais comuns associados a mobilidade elétrica:

Figura 2 – Principais diferenças entre veículos populares associados a mobilidade elétrica.



Fonte: Ambiente Legal (2023).

De maneira geral, os carros elétricos a bateria (VEB) possuem algumas vantagens frente à carros híbridos e/ou carros elétricos híbridos plug-in, sendo elas, principalmente: ausência de poluição sonora, emissões locais de gases de efeito estufa mínimas e eficiência de 60 a 70% (Muhammad, 2022).

As principais fabricantes de baterias para os carros elétricos são, de acordo com ABNT (2023): CATL (34%, China), LG Energy Solution (14%, Coreia), BYD (12%, China), Panasonic (10%, Japão), SK Innovation (7%, Coreia), Samsung SDI (5% (Coreia), CALB (4%, China), Guoxuan (3%, China), Sunwoda (2%, China) e SVOLT (1%, China).

Já relacionado a comercialização dos veículos, de acordo com a Fundação Certi (Certi, 2020), a principal dificuldade está associada ao preço, bem como aos pontos de recarga, que acabam dificultando a circulação da frota em todo o país. O custo mínimo para aquisição do carro está na faixa de R\$140.000,00 (JAC-E-JS1) sendo este, desenvolvido em parceria com o Grupo Volkswagen, com bateria de 30 kWh, o que proporciona uma autonomia de 161 quilômetros pelo ciclo do Inmetro.

Quanto ao mercado, de acordo com a Associação Brasileira dos proprietários de veículos elétricos inovadores (2022), apesar de ser considerado um volume pequeno quando comparado à outros países, no Brasil o mercado vêm crescendo consideravelmente nos últimos 3 anos, conforme apresentado na Figura 4. Este



cenário está mudando pois, conforme apresentado na Tabela 1, novas políticas públicas estão sendo estabelecidas, as quais acabam instigando o consumidor a investir neste mercado. Além disso, as mudanças climáticas ocasionadas pela poluição atmosférica também acabam influenciando indiretamente na aquisição da frota, pois há uma tendência no mercado a favorecer consumidores principalmente ligados a indústria nacional.

A Associação Brasileira dos proprietários de Veículos Elétricos Inovadores (ABRAVEi) é uma associação composta por proprietários de veículos elétricos, e tem como principal objetivo impulsionar a mobilidade sustentável, que produza baixa ou nenhuma emissão de poluentes, através da divulgação dos veículos elétricos à venda no Brasil, das inovações apresentadas pelo mercado, da realização de encontros, conferências e ações de formação sobre a mobilidade elétrica nos seus diferentes âmbitos: os veículos, a sua condução, as baterias e os sistemas de carregamento, e ainda, a promoção e divulgação da infraestrutura de carregamento público e privado e de uma política de incentivos públicos e privados (ABRAVEI, 2022);

2.3 METODOLOGIAS DE PESQUISA

Referente ao desenvolvimento de trabalho científicos, diferentes metodologias podem ser utilizadas, sendo algumas delas: métodos experimentais, descritivo, estudos de caso, metodologias de revisão sistemática, qualitativa, quantitativa, longitudinal, dentre outras. Cada uma está ligada a processos de obtenção de dados diferentes, porém, de maneira geral, elas referem-se a um conjunto de técnicas que servem como base para planejar, coletar, analisar e interpretar dados em um estudo de pesquisa.

Para o desenvolvimento dos estudos, diferentes bases de dados podem ser utilizadas, sendo que estas por muitas vezes dão confiabilidade ao trabalho desenvolvido, devido principalmente a qualidade dos trabalhos disponibilizados. Além disso, as revistas eletrônicas (periódicos) também são fatores importantes que devem ser levados em consideração no momento da escolha do trabalho a ser estudado, isso porque, o fator de impacto de cada uma está relacionado com o número de publicações e ao nível que estas são apresentadas, uma vez que, quanto maior o fator de impacto, maior é a qualidade dos trabalhos disponibilizados. Também, outras fontes que apresentam confiabilidade nos dados informados são sites de agências governamentais, tanto nacionais quanto internacionais, além de associações ligadas



ao governo e trabalhos acadêmicos (TCCs, dissertações e teses) desenvolvidos em Universidades bem conceituadas.

Relacionado às plataformas de buscas dos trabalhos, algumas são comumente utilizadas entre estudantes/pesquisadores como science direct, google acadêmico, PubMed, SpringerLink, dentre outras, nas quais é possível aplicar diferente tipo de filtros (data de publicação, autores, palavras-chaves, editora, etc) que auxiliarão nas escolhas mais assertivas possíveis dos trabalhos utilizados na pesquisa. Também, plataformas de formatação podem ser utilizadas para a formatação adequada dos trabalhos, como é o caso do mendley, os quais vão anteder com os padrões exigidos pelas instituições (ABNT, por exemplo), ou por revistas eletrônicas nacionais e internacionais.

Enfatiza-se que para a realização de um trabalho, mais de uma metodologia pode ser seguida, sendo essas definidas de acordo com o objetivo do trabalho, o qual delimitara todas as plataformas de busca, filtros e diretrizes para que a conclusão seja realizada de forma eficaz.

3 METODOLOGIA

Com o intuito de avaliar a projeção da demanda de energia elétrica considerando o aumento de carros elétricos no estado de Santa Catarina o trabalho foi realizado com base nas informações públicas disponíveis em diferentes acervos eletrônicos principalmente ligados à órgãos governamentais.

3.1 METODOLOGIA UTILIZADA

A pesquisa é caracterizada como documental, sendo que de acordo com Silva e Grigolo (2002), este tipo de pesquisa visa selecionar, tratar e interpretar a informação “bruta”, por assim dizer, buscando dela extrair algum sentido e introduzir algum valor, podendo, desse modo, contribuir com a comunidade científica e também incentivar a indústria de desenvolvimento do setor elétrico, não apenas do Estado de Santa Catarina, como também de outros estados do país.

O trabalho é considerado de forma quantitativa e qualitativa, uma vez que esta pesquisa decorre sobre as duas funções.



[...] A pesquisa quali-quantitativa, como o próprio nome indica, representa a combinação das duas modalidades. Requer, portanto, o uso de recursos e técnicas estatísticas, porém não abdica da interpretação dos fenômenos e da atribuição de significativos aos dados (BEDNARCHUK et al., 2012; p. 5).

Através de uma abordagem quantitativa a pesquisa avaliou os dados disponibilizados principalmente no Anuário Brasileiro de Mobilidade Elétrica, relacionando as informações com informativos de entidades estaduais Catarinenses como FIESC, FAPESC e CELESC. De modo qualitativo, foi apresentado as principais características do mercado bem como as políticas públicas adotadas no Estado de Santa Catarina.

3.2 CONTEXTO DA PESQUISA

Quanto ao contexto da pesquisa, a mesma foi realizada com base na avaliação e projeção de informações fornecidas principalmente pela Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica, a qual traz informações atualizadas sobre o crescimento do setor no país, e as informações referentes ao mercado de Santa Catarina, os dados foram levantados de acordo com entidades ligadas diretamente ao governo do Estado.

Assim, para alcançar os objetivos deste estudo foi necessário realizar uma pesquisa documental, sendo realizadas avaliações através da comparação de dados específicos presentes em determinados estudos, relatórios e apresentações referentes a mobilidade elétrica e ao mercado de veículos elétricos no estado de Santa Catarina, vinculados ao sistema de recarregamento dos mesmos no Estado.

Para isso, foi coletado informações como: número da frota de carros elétricos (BEV) no Estado de Santa Catarina; número de estações de carregamento público disponibilizadas pela Companhia de Energia Elétrica do Estado de Santa Catarina (CELESC); modelo e autonomia do mais popular carro elétrico (BEV) comercializado nacionalmente e preço da energia elétrica (Kwh) do estado de Santa Catarina.

3.3 FERRAMENTAS DE PESQUISA

Para o desenvolvimento do trabalho, as pesquisas bibliográficas foram realizadas em banco de dados nas plataformas Google Acadêmico e Science Direct,



até novembro de 2023, utilizando as palavras-chave destacadas no resumo, em português e inglês. Também, foi realizada a consulta em sites governamentais e agências/associações. A escolha dos trabalhos ocorreu pela afinidade dos temas e a exclusão obedeceu aos seguintes critérios: outros temas de aplicação, estudos com animais, estudos pagos e estudos antigos (> 5 anos).

De forma geral, a busca nos bancos de dados mencionados anteriormente, apresentou resultados iniciais de 24.675 trabalhos, sendo estes, artigos de revisão, livros, artigos de aplicação, TCCs, dissertações e teses. Após aplicar os filtros de ano e temas específicos, 13.398 estudos foram excluídos, somando um total de 11.277 estudos para serem submetidos avaliação do título, levando em consideração todos os aspectos levantados como objetivo deste trabalho, principalmente a frota de carros elétricos e o número de pontos públicos de recarga. Após a avaliação, estudos excluídos por não se encaixarem tecnicamente com os temas, restando uma amostra final de 30 estudos, os quais incluem além de artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e informações de agências governamentais, uma vez que para a realização da projeção dos cenários relacionados ao aumento do consumo de energia elétrica frente a frota de veículos elétricos e ao número de pontos públicos de carregamento. De maneira geral, na Tabela 3 são apresentadas as principais bases de dados utilizadas, bem como o ano de publicação e tema principal.

Tabela 3: Principais referências bibliográficas utilizadas para avaliação do cenário da frota elétrica.

Autor	Ano de publicação	Assunto Principal
Agencia Internacional de Energia	2022	Global EV Outlook 2022 Securing supplies for an electric future
	2023	Electric Vehicles
Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica	2022	2º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica.
Neocharg	2023	Número de carros elétricos no Brasil
Celesc	2022	Celesc e Governo do Estado inauguram em SC um dos maiores corredores elétricos do país
De Souza Lima, Gregório Costa Luz	2019	Mobilidade elétrica: o ônibus elétrico aplicado ao transporte público no Brasil
Fiesc	2023	Santa Catarina Reinventa a Roda

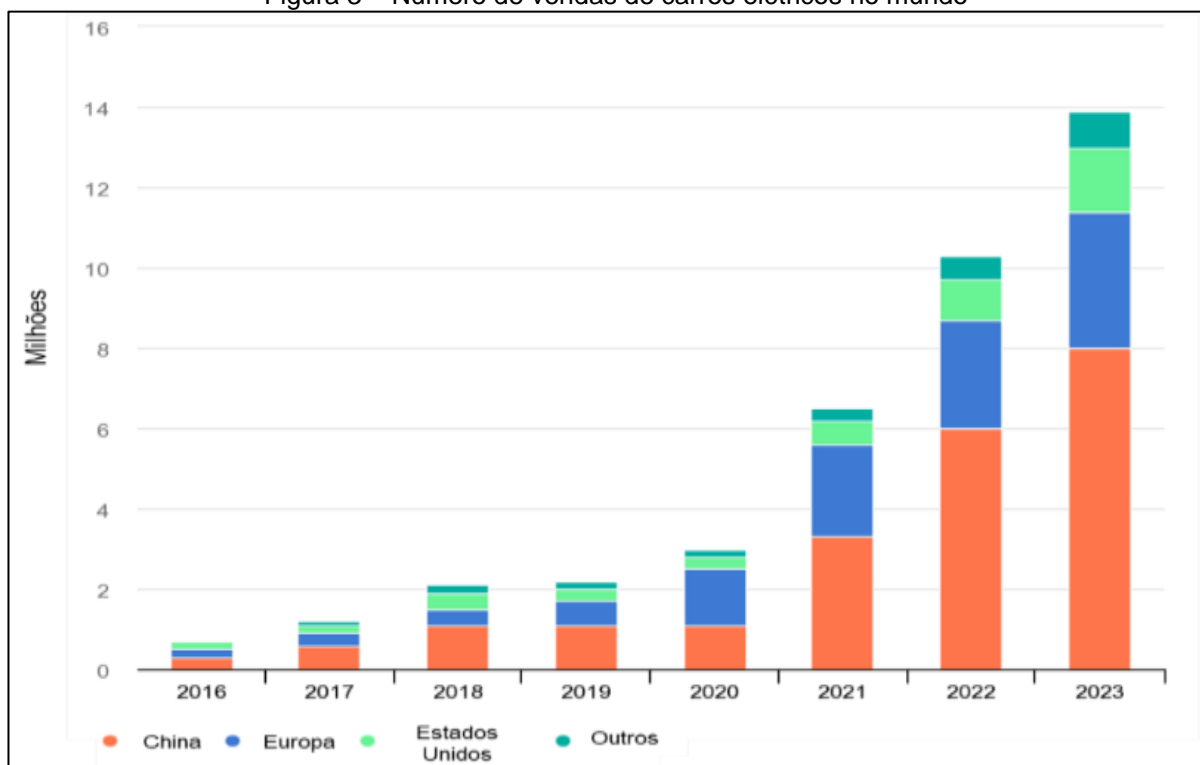


Santos, Lucas Silveira dos	2023	Viabilidade de modelos de negócio de ônibus elétricos de fretamento usando dinâmica de sistemas
Vargas, Tiane Do Nascimento	2020	Revisão de sistemas de carregamento para veículos elétricos utilizando sistemas fotovoltaicos
Gonzales et al.	2019	Impact of EV fast charging stations on the power distribution network of a Latin American intermediate city.
Ribeiro, Suellen	2022	Mobilidade Elétrica e Estações de Recarga para Veículos Elétricos: Um Estudo
Machado, André Goulart	2021	Estudo técnico de recargas de carros elétricos no Rio Grande do Sul.
Abravei	2022	Associação Brasileira dos proprietários de veículos elétricos inovadores.

3.4 ESTADO DA ARTE

De acordo com a Agencia Internacional de Energia (2023), relacionado ao mercado de venda dos carros elétricos, na Figura 3 é apresentado o aumento exponencial do número de vendas de carros elétricos nos últimos 8 anos, sendo que na China, por exemplo, o mercado cresceu mais de 20 vezes.

Figura 3 – Número de vendas de carros elétricos no mundo



Fonte: IEA (2023).

No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Veículo Elétrico:

[...] a marca de 34.990 unidades vendidas foi alcançada em 2021, considerando os veículos leves de passageiros e comerciais leves (furgões e utilitários, por exemplo), dos quais cita-se 20.274 veículos híbridos, 11.865 veículos híbridos plug-in e 2.851 veículos puramente elétricos. Essa dinâmica supera em 77% os 19.745 emplacamentos totais de 2020, e em 195% sobre os 11.858 emplacamentos totais de 2019, de acordo com a Associação (esses números não consideram os caminhões) [...]. Fonte: Plano Nacional de Mobilidade Elétrica (PNME, 2022, p. 48).

A NeoCharge, empresa que oferece infraestrutura para o carregamento de veículos elétricos, apresenta tabelas e gráficos sobre o crescimento da frota de veículos elétricos no Brasil com base em dados fornecidos pelo DENATRAN, sendo os mesmos apresentados na Figura 4.

Relacionado ao aumento da frota de veículos elétricos, uma das justificativas está associada a aquisição de ônibus elétricos, os quais atendem à demanda tanto de empresas privadas como públicas. Segundo Lima, Souza, Neto (2023):

A introdução dos ônibus elétricos é uma das formas mais promissoras de redução das emissões de gases do efeito estufa, poluentes locais nocivos à saúde e poluição sonora. Os ônibus elétricos apresentam zero emissões na sua operação e um baixo nível de CO₂, principalmente em regiões que apresentam uma alta porcentagem de energia elétrica proveniente de fontes limpas e renováveis, como o caso do Brasil (De Souza Lima, 2023, p.68).

Figura 4 – Evolução Anual da Frota de Veículos Elétricos no Brasil.



Fonte: Neocharge (2023).

Além disso, uma outra justificativa apontada pelo aumento das aquisições dos ônibus está na redução do preço das baterias de íons de lítio, o qual acaba impactando diretamente na peça final do veículo. Relacionado ao mercado mundial,

Santos (2023) comenta que “a frota de ônibus elétricos mundial seja de aproximadamente 425 mil unidades – sendo 421 mil na China. A Europa aparece em segundo lugar, com 2.200 (0,5%) veículos elétricos movidos à bateria”. Indica ainda que “essa diferença tão expressiva pode ser atribuída à disponibilidade de tecnologia oferecida por várias montadoras asiáticas e por conta dos grandes incentivos que o governo chinês oferece às empresas de transporte”.

Quanto ao mercado brasileiro, de acordo com E-bus Radar (2023), há no País 394 ônibus, os quais dividem-se em três tipos, conforme apresentado na Figura 5: tróbelus, midi a bateria, convencional a bateria e articulado a bateria. Quanto aos fabricantes, as principais são Eletra e BYD.

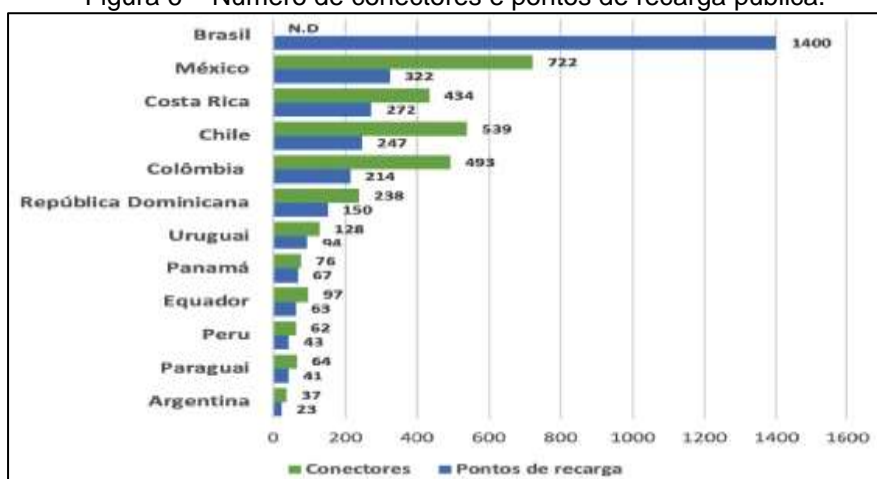
Figura 5 - Total de ônibus elétricos no Brasil.



Fonte: E-bus Radar (2023).

Além disso, outro fator importante relacionado ao aumento da frota é o número de conectores e pontos públicos de recarga. O gráfico apresentado na Figura 6, referente o número de ambos em países de América Latina, sendo o Brasil o país com maiores pontos de recarga. De acordo com os próprios autores (PNM, 2022), este é um dos motivos que faz com que a preferência do consumidor seja por veículos híbridos e veículos híbridos elétricos *plug-in* os quais não dependem de exclusivamente de conexão à rede.

Figura 6 – Número de conectores e pontos de recarga pública.



Fonte: PNM, (2022).

Relacionado as estações de carregamento dos veículos, Soares (2022), comenta que a mesma é constituída basicamente por “cabo de energia, suporte, plug de conexão, tomada elétrica e conector, sendo que as configurações das estações variam de acordo com fatores como frequência, tensão, conexão à rede elétrica, entre outros”.

Gonzales et al. (2019) comenta que para estabelecer uma padronização, os carregadores foram diferenciados a partir dos seus níveis de potência e modo de carregamento. Assim, três níveis são apresentados no mercado: Nível 1, utilizados em redes de energia residencial, com tempos de recarga de 6 e 24 horas; Nível 2, com tempo de recarga inferior a 6 horas e Nível 3, com tempo inferior a 30 minutos. Cada nível está associado ao local de instalação e impactam diretamente no uso dos usuários e no custo operacional de cada estação.

Vargas (2020) realizou um estudo propondo o uso de energia fotovoltaica com o objetivo de aumentar os postos de recargas, sem que haja o comprometimento da escolha do ponto de instalação dos eletro postos devido a necessidade de energia elétrica, indicando que o uso de energia solar é extremamente atraente frente a perspectiva do crescimento automobilístico brasileiro.

Associados a questão de recargas dos veículos, Ribeiro (2022), realizou um estudo voltado a mobilidade elétrica com foco no mercado de veículos elétricos e suas estruturas de recarga, indicando que é fundamental que, assim como a evolução do aumento da frota de veículos, também seja realizado o aumento dos pontos de recarga uma vez que a pesquisa constatou que há poucas estações de recarga frente à necessidade para os próximos anos, principalmente no Brasil.



Machado (2021), realizou um estudo referente a estações de recarga de veículos elétricos no Rio Grande do Sul e comentou que há uma carência no que diz respeito à disponibilidade de estações de recarga no estado e que o Rio Grande do Sul ainda possui, proporcionalmente à frota de veículos, um número de estações de recarga muito baixo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estado de Santa Catarina vem ganhando destaque nacional quanto ao incentivo à mobilidade elétrica, frente a diferentes programas e projetos que vêm sendo disponibilizados. A Fundação da Indústria do Estado de Santa Catarina (FIESC), por exemplo, destacou em sua revista do ano de 2021 iniciativas da indústria para integrar a nova cadeia produtiva global da mobilidade elétrica, com destaques a trabalhos realizados pela WEG, empresa nacionalmente conhecida e instalada em Jaraguá do Sul, na qual realizou o fornecimento de “*powetrains*” (sistemas de tração) para o primeiro caminhão 100% elétrico projetado no Brasil (FIESC, 2021). Também, iniciativas voltadas a pesquisa e desenvolvimento foram apresentadas principalmente nos últimos três anos, com o lançamento de editais pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC).

Relacionado ao número da frota de carros elétricos no estado, a quantidade estimada no ano de 2023 é de 981 veículos, o que corresponde a 6,44% da frota nacional. Apesar de ser um número relativamente baixo, é importante enfatizar que o mercado vem ganhando muito espaço no estado, sendo que nos últimos 4 anos, houve um aumento considerável (cerca de 9 vezes) na aquisição dos mesmos. Com base nisso, realizando uma projeção para os próximos 28 anos, acredita-se que, mantendo a relação, o número de veículos no estado deva atingir a marca de 17.730 no ano de 2030 e 62.055 no ano de 2050 ou seja, o mercado terá um aumento de 63 vezes no número de carros registrados no estado. Este é um registro muito importante pois sabe-se que no estado há 34 estações de recargas disponibilizadas pela Celesc, das quais 25 são semirrápidas e 9 são rápidas, sendo registrados um consumo de 46.983 kWh nos últimos 12 meses (CELESC, 2022).

Com base nisso, considerando um cenário em que, todos os carros elétricos do Estado seja o mais econômico do mercado (JAC-E-JS1) que possui bateria de 30



kWh com autonomia de 161 km, o consumo médio de energia do carro será de 18,63 kWh a cada 100 km. Com isso, com base na quantidade atual de carros elétricos registrados no estado (981), a cada 100 km o consumo médio de energia elétrica será de 18.276,03 kWh. Realizando uma projeção até o ano de 2030, o consumo médio será de 330.309 kWh e 1,15 MWh a cada 100 km. Relacionado ao custo de recarga, realizando um comparativo com um carro comum, com consumo médio de 12 L/km e preço do combustível a R\$ 5,70, em um ano, considerando um percurso de 1000 km, o custo com um carro elétrico será de R\$ 443,40 mais econômico que um carro comum. Os veículos elétricos são, no mínimo, duas vezes mais eficientes que os veículos à combustão. Isso significa que, com o mesmo recurso financeiro, o veículo elétrico pode andar mais que o dobro da distância de um veículo convencional.

Além disso, é importante ainda indicar que atualmente, os carregadores comerciais possuem potências que podem variar de 3,7 a 40 kWh, sendo que, dependendo a corrente de recarga do veículo, o carregamento completo de um carro com bateria de 40 kWh, pode variar de 2 a 6 horas o que acaba influenciando diretamente no tráfego dos veículos no momento do carregamento.

Diante disto, com este aumento considerável da frota e conseqüentemente no consumo de energia elétrica, nos próximos anos, será necessário a implantação de novos pontos para atender a demanda interna estadual, principalmente em centros mais populosos. Enfatiza-se que o cenário criado, conforme mencionado anteriormente, foi baseado no consumo de energia de um carro considerado de maior economia no mercado, sendo esperado dessa forma, que os números mencionados neste trabalho sejam ainda maiores caso fosse realizado uma estimativa por veículos de diferentes marcas, com diferentes baterias e diferentes autônias.

Realizando um comparativo entre o estudo apresentado neste trabalho com outros similares em literatura, há um indicativo de que é necessário realizar um planejamento e investimento de postos de abastecimento, principalmente públicos, para que de maneira direta, o consumidor possa ser atendido de acordo com sua necessidade, principalmente se tratando de viagens mais longas. (Machado, 2021; Ribeiro, 2022).

Além disso, assim como apontado neste estudo, Fang (2020) fez um levantamento sobre os impactos que incentivos governamentais frente a construção de estações de recarga de veículos elétricos, concluindo que é necessário que o



governo interfira a partir de políticas de taxação e subsídio, no mercado de estações de recarga para evitar variações no mercado; O autor ainda indica a escolha do consumidor no momento da aquisição do veículo é diretamente ligada aos investimentos e disponibilidades de estações de recarga, conforme comentado anteriormente neste trabalho.

Assim, de maneira geral, observa-se que é necessário aderir medidas de maneira rápida e efetiva, para que não apenas novas políticas sejam desenvolvidas, mas também novas infraestruturas sejam planejadas e construídas para que haja um fortalecimento na cadeia e conseqüentemente no aumento de consumidores finais. Ficou evidente, de acordo com os trabalhos estudados, que o número de redes de abastecimento ainda é um problema ligado ao mercado brasileiro de aquisição da frota elétrica e por isso a importância de novos estudos relacionados ao tema se faz extremamente necessária.

5 CONCLUSÃO

Com o incentivo de políticas públicas voltadas a mobilidade elétrica, a cada dia o mercado vêm crescendo a nível mundial, brasileiro e regional. Cada vez mais discute-se questões voltadas a sustentabilidade, diminuição de gases de efeito estufa, aumento da qualidade de ar, diminuição do consumo de fontes não renováveis e aumento e desenvolvimento tecnológico.

Assim, com base nos estudos apresentados neste trabalho, foi possível concluir que, apesar de o Brasil não ser destaque frente a outros países em questão de mobilidade elétrica, o mercado vem mostrando-se atraente e novos investimentos estão sendo realizados, tanto pela indústria nacional como internacional principalmente devido ao aumento do número da frota de ônibus elétrico, fato que está sendo destaque no cenário automobilístico nacional, quando comparado a outros países da América Latina, por exemplo. Associado a isto, as políticas desenvolvidas nos estados e municípios vêm ganhando forças, já que diferentes tipos de incentivo estão sendo realizados.

Relacionado ao aumento da frota de carros elétricos no país, fato que vêm se destacando no cenário automobilístico nacional, novas linhas de desenvolvimento tecnológico vêm sendo desenvolvidas e novos estudos, como o realizado neste



trabalho estão sendo realizados, pois é necessário realizar mapeamentos e projeções do mercado e da infraestrutura existente, uma vez que este pode se tornar um estímulo direto aos consumidores.

Com a projeção de cenário realizado neste trabalho, foi possível observar que é necessário a implementação de novos postos de carregamento nas rodovias do estado de Santa Catarina, que, apesar de hoje atender a demanda interna, está comprometida nos próximos anos se considerar a projeção no número de carros elétricos no estado. Além disso, aumentar o número de postos facilita o dia a dia do consumidor, o que acaba influenciando diretamente na aquisição da frota devido a praticidade e economicidade que o carro elétrico proporciona. Associado a isto, novas leis/decretos de isenção de pagamento de taxas/impostos são incentivadas, já que sabe-se que outros estados e municípios brasileiro já aderiram a essas modificações e isto tem-se mostrado importante na tomada de decisões dos consumidores.

De modo geral, isto nos leva a compreensão que o avanço da mobilidade elétrica não se trata apenas da incorporação de novas tecnologias nos veículos, com responsabilidade apenas da indústria automotiva, mas sim de toda a cadeia que cerca o desenvolvimento da transição de veículos que estão no mercado há décadas para novos sistemas que irão impactar a indústria, o meio ambiente e a população pois trata-se de uma mudança que vai desde a extração de matérias primas para o desenvolvimento das baterias utilizadas nos veículos, por exemplo, até a disponibilidade de sistemas de abastecimento público, o qual acaba interferindo diretamente no dia a dia dos consumidores finais e de vários setores econômicos e políticos.

REFERÊNCIAS

Ambiente Legal, 2023. **A ascensão dos elétricos**. Disponível em: <https://www.ambientelegal.com.br/a-ascensao-dos-eletricos/>. Acesso em 20 de outubro de 2023.

ABNT, 2023. **Maiores fabricantes de baterias de carro elétrico**. Disponível em: <https://www.normasabnt.org/maiores-fabricantes-de-baterias-de-carro-eletrico/>. Acesso em: 20 de novembro de 2023.



ABRAVEI, 2022. **Associação Brasileira Dos Proprietários De Veículos Elétricos Inovadores.** Disponível em: <https://www.abravei.org/>. Acesso em: 18 de outubro de 2023.

ASCOM, 2023. **Nova política de mobilidade elétrica de Santa Catarina é pauta de reunião na GWM em SP.** Disponível em: <https://estado.sc.gov.br/noticias/novapolitica-de-mobilidade-eletrica-de-sc-e-pauta-de-reuniao-na-gwm-em-sao-paulo/>. Acesso em 25 de outubro de 2023.

BEDNARCHUK, J. Z. **Uma discussão sobre os aspectos metodológicos das investigações em modelagem matemática do XI EPREM.** Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/9anpedsul/paper/viewFile/456/533>

BRAZ, Daniel Jardim; SOUSA, João Carlos Vieira de. Avaliação da mobilidade elétrica no Brasil. 2019.

CAMPINO, Miguel Alexandre Calha. Avaliação energética de um sistema de gestão de propulsão de veículos híbridos plug-In. 2021. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

CELESC, 2022. **Celesc e Governo do Estado inauguram em SC um dos maiores corredores elétricos do país.** Disponível em: <https://www.celesc.com.br/listagemnoticias/celesc-e-governo-do-estado-inauguram-em-sc-um-dos-maiores-corredoreseletricos-do-pais>. Acesso em 29 de outubro de 2023.

CERTI, 2020. **Veículos elétricos no Brasil: quando a tecnologia deve ganhar força?** Disponível em: <https://certi.org.br/blog/veiculos-eletricos-no-brasil/>. Acesso em: 25 de outubro de 2023.

DE SOUZA LIMA, Gregório Costa Luz; DA SILVA, Gabriel Lassery Rocha; NETO, Genezio dos Santos Albuquerque. **Mobilidade elétrica: o ônibus elétrico aplicado ao transporte público no Brasil.** Revista dos Transportes Públicos-ANTP-Ano, v. 41, p. 2º, 2019.

DECRETO Nº 2113 DE 11 DE AGOSTO DE 2022. Institui o Programa Catarinense de Estímulo à Mobilidade Elétrica (Programa SC+ELÉTRICA) e estabelece outras providências. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/sc/decreto-n-2113-2022-santa-catarina-institui-o-programa-catarinense-de-estimulo-a-mobilidade-eletrica-programa-sc-eletrica-e-estabelece-outras-providencias>. Acesso em: 20 de novembro de 2023.

ENGIE, 2022. **Carros Elétricos: Conheça os tipos, diferenças e vantagens.** Disponível em: <https://www.alemdaenergia.engie.com.br/carros-eletricos-conhecaos-tipos-diferencas-e-vantagens/>. Acesso em: 20 de novembro de 2023.



FANG, Y et al. **Promoting electric vehicle charging infrastructure considering policy incentives and user preferences: An evolutionary game model in a small-world network.** Journal of Cleaner Production, v. 258, 120753, 2020.

FIESC, 2023. **Santa Catarina Reinventa a Roda.** Disponível em: <https://fiesc.com.br/pt-br/imprensa/santa-catarina-reinventar-roda>. Acesso em 20 de outubro de 2023.

FRANTZ, Alberto Rachevsky. 2023. **Desafios atuais do mercado de carros elétricos.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GALICKI, Guilherme Delbone. **Panorama sobre a mobilidade elétrica e benefícios quanto a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas no Brasil.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GONZÁLEZ, L. G.; SIAVICHAY, E.; ESPINOZA, J. L. Impact of EV fast charging stations on the power distribution network of a Latin American intermediate city. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 107, p. 309-318, 2019.

IBERDROLA, 2023. **O veículo elétrico: uma viagem por mais de 200 anos de história.** Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/historia-carroeletrico#:~:text=Em%201888%2C%20surgiu%20na%20Alemanha,chegar%20a%2015%20km%2Fh>. Acesso em: 25 de outubro de 2023.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. 2022. **Global EV Outlook 2022 Securing supplies for an electric future.** Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>. Acesso em: 24 de outubro de 2023.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. 2023. **Electric Vehicles.** Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/transport/electric-vehicles>. Acesso em: 24 de outubro de 2023.

LEROUTIER, Marion; QUIRION, Philippe. Tackling car emissions in urban areas: Shift, Avoid, Improve. **Ecological Economics**, v. 213, p. 107951, 2023.

MACHADO, André Goulart. 2021. **Estudo técnico de estações de recarga de veículos elétricos no Rio Grande do Sul.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Maria.

NEOCHARGE, 2023. **Número De Carros Elétricos No Brasil.** Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/carros-eletricos-brasil>. Acesso em: 25 de outubro de 2023.



PNME - Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica. **2º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica**. Disponível em: <https://www.pnme.org.br/biblioteca/2o-anuariobrasileiro-da-mobilidade-eletrica-pnme/>. Acesso em 20 de outubro de 2023. Santa Catarina.

RIBEIRO, Suellen. 2022. **Mobilidade Elétrica e Estações de Recarga para Veículos Elétricos: Um Estudo**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina.

SANTOS, Lucas Silveira dos. 2023. **Viabilidade de modelos de negócio de ônibus elétricos de fretamento usando dinâmica de sistemas**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, M. B.; GRIGOLO, T. M. **Metodologia para iniciação à prática da pesquisa e da extensão II**. Florianópolis: UDESC, 2002, 98p.

STOPFER, Nicole et al. **A Mobilidade Elétrica na América Latina: tendências, oportunidades e desafios**. Rio de Janeiro: E-Papers, 2021.

VARGAS, Tiane Do Nascimento et al. **Revisão de sistemas de carregamento para veículos elétricos utilizando sistemas fotovoltaicos**. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS. 2020.

E-BUS RADAR, 2023. **Total de ônibus elétricos no Brasil**. Disponível em: <https://www.ebusradar.org/>. Acesso em: 24 de outubro de 2023.

SOARES, Itamar Rodrigo de Moura. **Viabilidade econômica de um sistema de recarga de veículos elétricos em um posto de combustíveis na cidade de Santa Maria**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Maria. 2022.