



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Samuel Augusto Pasquali de Azevedo

Análise de Viabilidade Técnica e Financeira da Operação de Veículos Urbanos de Carga Elétricos em Entregas Last Mile: Um Estudo de Caso de Startup Nacional

ARARANGUÁ
2024

Samuel Augusto Pasquali de Azevedo

Análise de Viabilidade Técnica e Financeira da Operação de Veículos Urbanos de Carga Elétricos em Entregas Last Mile: Um Estudo de Caso de Startup Nacional

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de graduação em Engenharia de Energia do Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro(a) de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Elizeire
Bremermann

ARARANGUÁ

2024

de Azevedo, Samuel Augusto Pasquali
Análise de Viabilidade Técnica e Financeira da Operação
de Veículos Urbanos de Carga Elétricos em Entregas Last
Mile : Um Estudo de Caso de Startup Nacional / Samuel
Augusto Pasquali de Azevedo ; orientador, Prof. Dr.
Leonardo Elizeire Bremermann, 2024.
59 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá,
Graduação em Engenharia de Energia, Araranguá, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia de Energia. 2. Veículos elétricos. 3.
Transporte urbano de cargas. 4. Última milha. 5. Frotas
elétricas. I. Bremermann, Prof. Dr. Leonardo Elizeire .
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia de Energia. III. Título.

Samuel Augusto Pasquali de Azevedo

Análise de Viabilidade Técnica e Financeira da Operação de Veículos Urbanos de Carga Elétricos em Entregas Last Mile: Um Estudo de Caso de Startup Nacional

O presente Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia de Energia, foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Leonardo Elizeire Bremermann,
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientador

Prof. Dr. Giuliano Arns Rampinelli
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. André Possamai Rosso
NTEEL – Universidade Federal de Santa Catarina

Araranguá, 29 de novembro de 2024.

Certificamos que essa é a versão original e final do trabalho que foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro/a de Energia.

Prof.^a Dra. Carla de Abreu Daquino.
Coordenadora do Curso

Prof. Dr. Leonardo Elizeire Bremermann
Orientador

Samuel Augusto Pasquali de Azevedo
Autor

Araranguá, 2024

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos vão principalmente à minha família: minha mãe, Diva, a quem Deus me presenteou no dia em que nasci; minha irmã, Sara, pelos momentos que compartilhamos; e meu pai, Odon, o qual cuidou de todos nós. Minha família foi meu maior alicerce e, durante os momentos conturbados, minha calma.

Agradeço também ao meu orientador, Professor Leonardo, e equipe da Arrow Mobility S.A, que me auxiliou com dados para este trabalho. Por fim, agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina, que foi minha casa durante cinco anos e meio.

“Don’t be scared. You’ll never change what’s been and gone.”

(Noel Gallagher)

RESUMO

A adoção de veículos elétricos (VEs) tem se consolidado como uma alternativa importante para reduzir as emissões de poluentes causadas por veículos a combustão. No Brasil, o uso crescente de veículos particulares, motivado pelo envelhecimento da frota e pela baixa aprovação do transporte público, faz das emissões automotivas a principal fonte de poluição nas áreas urbanas. A ampliação do uso de VEs traz também novos desafios para a infraestrutura elétrica, que precisa ser regulamentada para evitar sobrecargas e aumentos nas tarifas de energia. O setor logístico, responsável por uma parcela significativa do PIB nacional, segue em expansão, motivado pela necessidade de competitividade e pela crescente demanda por entregas. A fase final de entrega, conhecida como "última milha", é a etapa mais custosa e ambientalmente impactante do processo, devido a fatores como combustível, tempo em trânsito e manutenção. Com a previsão de aumento substancial na demanda por entregas nas próximas décadas, o setor precisará ampliar a frota de veículos urbanos de entrega, o que reforça a importância de alternativas mais sustentáveis. Empresas de mobilidade elétrica, têm inovado com o lançamento de veículos totalmente elétricos, projetados para entregas rápidas nas cidades, contribuindo para uma logística mais moderna e sustentável. Através do estudo de caso da startup Arrow Mobility e utilizando seu modelo de lançamento como referência, foram analisados parâmetros quantitativos e qualitativos com o objetivo de estimar dados sobre consumo, manutenção, depreciação, capacidade de carga, custos e viabilidade técnica e econômica. A análise visou avaliar a viabilidade da operação de um negócio logístico, tomando a cidade de São Paulo (SP) e a empresa Mercado Livre como base de estudo. Para fins comparativos, também foram mapeados os principais concorrentes diretos do modelo elétrico, que passaram pelos mesmos critérios de análise. Os resultados obtidos evidenciam as vantagens e desvantagens de cada tecnologia. Enquanto os utilitários a combustão apresentam uma clara vantagem em termos de autonomia e opções de abastecimento, o modelo elétrico se destaca por sua maior rentabilidade e eficiência operacional, além de apresentar menores impactos ambientais. O estudo também incluiu comparativos entre os principais elementos analisados, evidenciando como esses fatores influenciam a operação do negócio. Em termos de custos, o modelo elétrico apresenta um valor de aquisição mais elevado, mas seus custos operacionais diários são significativamente menores, o que torna a operação mais vantajosa a longo prazo. Esse diferencial econômico, aliado à redução dos impactos ambientais, torna o modelo elétrico uma alternativa promissora para o setor logístico, especialmente em um contexto urbano como o de São Paulo, onde a busca por soluções sustentáveis e eficientes é cada vez mais necessária. O trabalho, portanto, aponta que, apesar do maior custo inicial, o modelo elétrico possui um potencial de viabilidade econômica superior, oferecendo uma solução mais sustentável e alinhada com as tendências de inovação tecnológica e responsabilidade ambiental no setor de transportes.

Palavras-chave: Veículos elétricos; sustentabilidade; transporte urbano de cargas; logística; última milha; frotas elétricas; emissões.

ABSTRACT

The adoption of electric vehicles (EVs) has emerged as an important alternative to reduce pollutant emissions caused by combustion vehicles. In Brazil, the increasing use of private vehicles, driven by the aging fleet and low public transport satisfaction, has made automotive emissions the main source of pollution in urban areas. The expansion of EVs also brings new challenges for the electric infrastructure, which must be regulated to prevent overloads and increases in energy tariffs. The logistics sector, which accounts for a significant share of the national GDP, continues to grow, driven by competitiveness needs and the rising demand for deliveries. The final delivery stage, known as the “last mile,” is the most costly and environmentally impactful part of the process due to factors like fuel consumption, transit time, and maintenance. With a substantial increase in delivery demand expected in the coming decades, the sector will need to expand its fleet of urban delivery vehicles, emphasizing the importance of more sustainable alternatives. Electric mobility companies have been innovating with the launch of fully electric vehicles, designed for quick urban deliveries, contributing to a more modern and sustainable logistics approach. Through the case study of the startup Arrow Mobility and using its launch model as a reference, quantitative and qualitative parameters were analyzed to estimate data on consumption, maintenance, depreciation, payload capacity, costs, and technical and economic feasibility. The analysis aimed to assess the viability of operating a logistics business, taking São Paulo (SP) and the company Mercado Livre as the study basis. For comparative purposes, the main direct competitors of the electric model were also mapped and subjected to the same analysis criteria. The results highlight the advantages and disadvantages of each technology. While combustion-powered utility vehicles show a clear advantage in terms of range and refueling options, the electric model stands out for its higher profitability and operational efficiency, as well as its reduced environmental impact. The study also included comparisons of key elements analyzed, demonstrating how these factors influence business operations. In terms of costs, the electric model has a higher purchase price, but its daily operating costs are significantly lower, making it more advantageous in the long run. This economic differential, combined with reduced environmental impacts, positions the electric model as a promising alternative for the logistics sector, especially in an urban context like São Paulo, where the demand for sustainable and efficient solutions is increasingly critical. The study concludes that despite the higher initial investment, the electric model offers superior economic viability, providing a more sustainable solution aligned with technological innovation trends and environmental responsibility in the transportation sector.

Keywords: Electric vehicles; sustainability; urban loads transportation; logistics; last mile; electric fleets; emissions.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características Elétricas do Furgão Arrow One.	21
Tabela 2 – VUCs à Combustão.....	22
Tabela 3 – Motorização VUCs.....	26
Tabela 4 – Custos de Revisão Modelos Convencionais.	27
Tabela 5 – Porcentagens para Cálculo de Desgaste.	28
Tabela 6 – Corridas Centro de Distribuição x Agências.	30
Tabela 7 – Características Construtivas.....	31
Tabela 8 – Preços de Aquisição.....	32
Tabela 9 – Capacidade dos Tanques e Autonomias.....	35
Tabela 10 – Autonomias Totais e Custos de Abastecimento.	36
Tabela 11 – Quilômetros Rodados por Real Gasto.....	36
Tabela 12 - Autonomias Totais e Custos de Recarga Arrow One.....	37
Tabela 13 – Quilômetros Rodados por Real Gasto.....	37
Tabela 14 – Autonomia por Real Gasto.	38
Tabela 15 – Custos de Manutenção.....	40
Tabela 16 – Distâncias de Análise.	41
Tabela 17 – Eficiências Obtidas.	41
Tabela 18 – Distâncias Máximas sem Paradas.....	42
Tabela 19 – Tempos em Trânsito.....	42
Tabela 20 – Período e Distâncias da Operação.....	43
Tabela 21 – Custos de Abastecimento.....	43
Tabela 22 – Custos de Recarga.....	43
Tabela 23 – Ganho de Capacidade de Carga.....	44
Tabela 24 – Ganho de Volume de Carga.....	44
Tabela 25 – Custos de Operação e Manutenção.....	46
Tabela 26 – Custos de Operação e Manutenção Arrow One.....	46
Tabela 27 – Mapeamento de Poluentes.....	49
Tabela 28 – Emissões por Tanque.....	49
Tabela 29 – Tanques abastecidos por ano.	49
Tabela 30 – Emissões Totais Anuais.	50
Tabela 31 – Economia Financeira Arrow One.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Variações de EVs.....	11
Figura 2 – Consumo Energético por Setor.	15
Figura 3 – Furgão Elétrico Arrow One.....	21
Figura 4 – Modelo Elétrico Arrow One do Mercado Livre.....	23
Figura 5 – Evolução Mundial do Estoque de Carros Elétricos.	24
Figura 6 – Modelo de Entregas Mercado Livre.....	29
Figura 7 – Centros de Distribuição e Agências do Mercado Livre.....	29
Figura 8 – Pontos de Carregamento na Cidade de São Paulo.....	32
Figura 9 – Fontes de Emissão.....	33
Figura 10 – Ganho de Autonomia Urbana Arrow One por Real Gasto (%).	38
Figura 11 – Ganho de Autonomia Rodoviária Arrow One por Real Gasto (%).	39
Figura 12 – Espaço Interno Arrow One	45
Figura 13 – Razão Custo de Manutenção e Operação Sobre Valor de Aquisição	46
Figura 14 - Pontos de Recarga acima de 15 kW.....	47
Figura 15 – Agências e Pontos de Recarga.....	48
Figura 16 – Relação de Autonomia por Capacidade de Carga.	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
BEV	Battery Electric Vehicle (Veículo Elétrico a Bateria)
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNH	Carteira Nacional de Habilitação
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
ENEL	Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (Empresa de Energia)
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EV	Electric Vehicle (Veículo Elétrico)
GEE	Gases de Efeito Estufa
HEV	Hybrid Electric Vehicle (Veículo Elétrico Híbrido)
IEC	International Electrotechnical Commission
kWh	Quilowatt-hora
kW	Quilowatt
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Veículo Elétrico Híbrido Plug-in)
MP	Material Particulado
PNMR	Plano Nacional de Mobilidade Urbana
SUV	Sport Utility Vehicle (Veículo Utilitário Esportivo)
TE	Tarifa de Energia
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
VE	Veículo Elétrico
VUC	Veículo Urbano de Carga

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.1.1 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 HISTÓRICO E TIPOS DE VEÍCULOS ELÉTRICOS	16
3.2 VEs E O SETOR ELÉTRICO	16
3.3 MODERNIZAÇÃO DA FROTA DE VUCs e DESAFIOS DO SETOR LOGÍSTICO	17
3.4 POLÍTICAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS DE ELETROMOBILIDADE	18
3.5 TRANSPORTE URBANO DE CARGAS.....	19
4 JUSTIFICATIVA	20
5 METODOLOGIA	24
5.1 ASPECTOS QUANTITATIVOS	25
5.1.1 Consumo de combustível	25
5.1.2 Manutenção	27
5.1.3 Custos de Operação	28
5.1.4 Características construtivas	30
5.1.5 Despesas Financeiras	31
5.2 ASPECTOS QUALITATIVOS.....	32
5.2.1 Análise da infraestrutura de carregadores	32
5.2.2 Impactos ambientais	33
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
6.1 CONSUMO.....	35
6.2 MANUTENÇÃO.....	40
6.3 CUSTOS DE OPERAÇÃO:	40

6.4 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS:.....	44
6.5 DESPESAS FINANCEIRAS:	45
6.6 ANÁLISE DE INFRAESTRUTURA DE CARREGADORES	47
6.7 IMPACTOS AMBIENTAIS	48
7 DISCUSSÃO DE RESULTADOS	51
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
8.1 SUGESTÃO DE ESTUDOS FUTUROS.....	54
REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

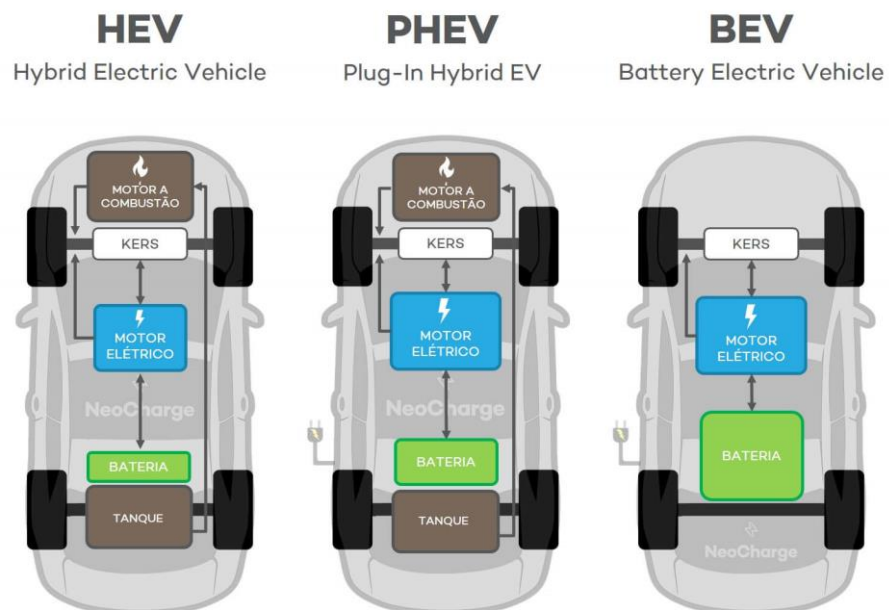
A incessante busca pelo desenvolvimento sustentável, por governanças mundiais e sociedade civil, encontrou nos veículos elétricos uma alternativa para a diminuição da poluição por fontes móveis antropogênicas, tais como veículos automotores a combustão, barcos, trens, etc.

Veículos elétricos receberam grande atenção nos últimos anos devido a sua baixa emissão de poluentes, alta eficiência e baixo custo de recarga (Su, 2012). Os acordos internacionais de cooperação para emissão zero de poluentes também foram um fator vital para a popularização desse mercado.

Castro (2010) define as variações de veículos elétricos e seus tipos, são eles: Elétrico Puro (*Battery Electric Vehicle - BEV*), Híbrido Plug-in (*Plug-in Hybrid EV - PHEV*) e Elétrico Híbrido (*Hybrid Electric Vehicle - HEV*). Neste trabalho a base de estudo será o veículo puramente elétrico, *BEV*.

As variações nas configurações dos modelos podem ser observadas na Figura 01.

Figura 1 - Variações de EVs.



Fonte: NeoCharge.

Nos veículos puramente elétricos todo o sistema de tração é feito unicamente por um motor elétrico, logo esse modelo é dotado de um sistema de armazenamento de energia com baterias, que precisa ser recarregado em estações próprias para seu uso. Nos veículos híbridos, o sistema combina um motor de combustão interna, que utiliza combustíveis fósseis, e um motor elétrico, alimentado por uma bateria recarregável. As baterias são carregadas automaticamente durante a frenagem ou pelo próprio motor de combustão, mas nos híbridos plug-in, também é possível recarregá-las em estações externas.

Conforme Andrade (2012), que realizou análises elementares da concentração de material particulado em seis capitais do Brasil (São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba, Belo Horizonte, Recife e Porto Alegre), as emissões veiculares são a principal fonte de emissão de material particulado nas cidades brasileiras. Isso se deve à precarização dos sistemas urbanos de transportes coletivos (ônibus e trens), os quais possuem níveis baixíssimos de satisfação. Segundo o Índice da Qualidade da Mobilidade Urbana, medido pela Fundação Getúlio Vargas, 63,2% dos brasileiros avaliam o transporte urbano como ruim ou péssimo. Esse dado é relevante pois mostra que as pessoas tendem a priorizar a mobilidade em carros particulares, o que aumenta ainda mais as emissões de poluentes.

Além disso, de acordo com um estudo do Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores junto a Abipeças (Associação Brasileira da Indústria de Autopeças), a frota circulante de veículos no Brasil vem envelhecendo ano a ano na última década, passando da média de oito anos e cinco meses em 2013 para dez anos e três meses em 2021, ganhando quase dois anos a mais no período; assim, é vital para o desenvolvimento sustentável, ao menos, analisar a inserção de EVs no cotidiano, bem como suas consequências; Metrópoles do mundo já possuem ou estudam formas de substituição da frotas de automóveis à combustão para veículos elétricos.

Conforme dados da SPTrans (São Paulo Transporte), até fevereiro de 2023 as empresas de ônibus da capital paulista já haviam encomendado mais de dois mil ônibus elétricos, sendo mais da metade destes a serem entregues ainda no mesmo ano da pesquisa, para atender o sistema de transporte do município. Em atualização do órgão, cerca de cento e oitenta unidades operavam na capital Paulista em Junho de 2024 (SPTrans, 2024). Mudanças dessa magnitude geram impactos, ora simples ora significativos, no sistema elétrico de potência; a inserção de EVs no mercado traz

consigo impactos inerentes na dinâmica do planejamento e qualidade da energia elétrica. Por isso, a ANEEL aprovou, em 2018, a primeira regulamentação (Resolução Normativa nº 819/2018) sobre recarga de veículos elétricos, a qual foi revogada e substituída pela resolução normativa nº 1.000/2021; essa norma serviu para regulamentar a operação da rede elétrica e garantir que as tarifas dos consumidores de energia elétrica das distribuidoras não sejam impactadas pela prestação do serviço de recarga de veículos elétricos (ANEEL, 2022).

Essas alterações também mexem na dinâmica da economia, tais como no ramo de transportes e logística, o qual é vital para o funcionamento do país, principalmente no Brasil, que possui uma malha predominantemente rodoviária. Tal setor também precisa se atualizar nas mais recentes tecnologias do mercado, conceitos como “*Last mile* ou última milha” vem ganhando cada vez mais investimento; tal processo consiste na última etapa do processo de entrega de um produto; empresas de varejo e transportadoras estão buscando alternativas de distribuição dentro das cidades, para agilizar a entrega de mercadorias e satisfazer a expectativa do exigente consumidor que faz compras online. O objetivo da logística de entrega do *last mile* é entregar os pacotes da maneira mais acessível, rápida e precisa possível.

Diversas companhias buscam ou já atualizaram suas frotas de veículos a combustão por alternativas elétricas, são casos como da gigante varejista Magazine Luiza, que adquiriu em 2021, cinquenta e três veículos urbanos de carga (VUCs) para operação nas cidades de São Paulo e duas capitais do Nordeste (Portal Mobilize Brasil, 2021). Outro exemplo é o da Kibon, subsidiária da Unilever, que pretende substituir progressivamente de sua frota de caminhões no Brasil para veículos 100% elétricos, com objetivo de zerar as emissões de Dióxido de Carbono até 2039 (Portal AutoData, 2023).

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade econômica, financeira, técnica e ambiental da substituição de uma frota de veículos urbanos de carga, de uma empresa de entregas de última milha, para automóveis elétricos; analisando aspectos qualitativos e quantitativos com base em um case da empresa Arrow Mobility S.A com o Mercado Livre.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade da substituição de uma frota de veículos urbanos de carga, de uma empresa de entregas, para automóveis elétricos; analisando aspectos operacionais e financeiros.

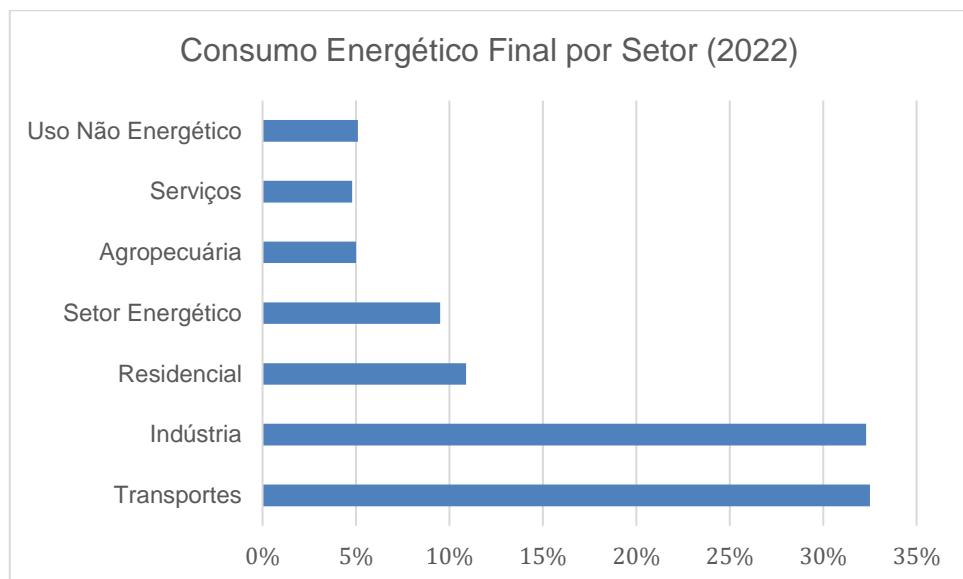
2.1.1 Objetivos Específicos

- a) Apresentar estatísticas de utilização e perfil de mobilidade para o caso proposto;
- b) Descrever os critérios utilizados na análise da operação;
- c) Analisar a aplicabilidade e cenários ótimos e reais;
- d) Analisar o resultado da coleta de dados técnicos obtidos com as principais montadoras dos veículos da categoria de análise do estudo.
- e) Estimar dados de consumo, custo de operação, análise de infraestrutura, impactos ambientais de motores de combustão direta, eficiência de carga e viabilidade de aquisição.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme EPE (2023), o Balanço Energético Nacional registrou que 33% de todo consumo de energia, em toneladas equivalentes de petróleo (tep), em 2022, de todas as fontes, foi utilizado pelo setor de transportes, sendo 30,9% deste oriundo de veículos rodoviários, os totais, por área, são descritos na Figura 01. Em comparação, o uso da Oferta Interna de Energia Elétrica, em kWh, pelo mesmo setor, representou apenas 2% do montante total do ano base. Ou seja, o impacto de veículos elétricos (VEs) ainda é pouco se comparado às opções de motores à combustão.

Figura 2 – Consumo Energético por Setor.



Fonte: O Autor (2024), adaptado de BEN (2023).

O Brasil ainda não adotou as políticas abrangentes de promoção de VEs que estão sendo implementadas nos principais mercados mundiais (Slowik *et al.*, 2018). Assim, para que haja uma integração e difusão é necessário empenho não só das empresas de mobilidade elétrica e eletrônica, mas também de um conjunto de organizações não correlatas ao setor, bem como o Estado, instituições públicas de financiamento e demais utilizadores das tecnologias do sistema elétrico de potência (Barassa, 2019).

A iniciativa privada já possui exemplos de grandes investimentos na área; a COPEL (Companhia Paranaense de Energia Elétrica) inaugurou em 2018 a maior eletrovia do país; percorrendo mais de 700 km entre as cidades de Paranaguá, no litoral do estado, até Foz do Iguaçu, na fronteira Oeste.

3.1 HISTÓRICO E TIPOS DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Na virada do século XIX, três tecnologias de propulsão disputavam o mercado de automóveis: o carro elétrico, a vapor e a gasolina (Baran, 2011). Porém, a descoberta de enormes reservas de petróleo nos anos seguintes, principalmente nos EUA, encerrou a concorrência no setor, o qual viria a priorizar os veículos movidos a combustíveis fósseis. Além disso, a disponibilidade tecnológica, principalmente no setor de baterias, ainda era precária e pouco eficiente (Baran, 2011).

Quase um século após serem superados por modelos propulsionados por motores a combustão, os veículos elétricos apareceram no cenário automotivo mundial; impulsionados principalmente pelas preocupações ambientais dos governos mundiais, a volatilidade do mercado de petróleo e o desenvolvimento das baterias modernas (Castro, 2010).

No Brasil, um exemplo nacional surgiu em 1974, com o modelo Itaipu da Gurgel Motores S/A, o primeiro carro elétrico da América Latina. Em 2023, as principais montadoras do mundo já possuíam ofertas de modelos puramente elétricos no país; entretanto, os modelos são em grande parcela importados, com apenas a chinesa BYD possuindo plantas fabris nacionais, ainda em construção (Portal Quatro Rodas, 2023). Existem startups com modelos 100% nacionais, as quais vêm crescendo sua participação no mercado, como a Arrow Mobility com seu modelo Arrow ONE, lançado em 2022.

3.2 VEs E O SETOR ELÉTRICO

A estrutura genérica de um sistema de energia elétrica é formada por geradores, transformadores elevadores/abaixadores, linhas de transmissão e alimentadores de distribuição (Monticelli; Garcia, 2011).

Do ponto de vista do planejamento da distribuição, os VEs podem ser caracterizados como uma carga flexível e estocástica que muda espacialmente e temporalmente ao longo da rede elétrica (Hu. *et. al.*, 2019). Além disso, o perfil de carga de um veículo elétrico é altamente dependente dos hábitos dos proprietários e influenciado por vários fatores aleatórios, tais como tarifas de energia, horários e disponibilidade de estações de carregamento.

Define-se estação de recarga como conjunto de softwares e equipamentos utilizados para o fornecimento de corrente alternada ou contínua ao veículo elétrico, instalado em um ou mais invólucros, com funções especiais de controle e de comunicação, e localizados fora do veículo (ANEEL, 2021). A IEC 61851 é a norma internacional que regulamenta os padrões de carregamentos condutivos para veículos elétricos.

Com a popularização das alternativas elétricas de mobilidade é projetável que os maiores utilizadores de VEs serão pessoas físicas, que irão carregar seus veículos em casa ou durante o trabalho, com um tempo de carregamento relativamente mais longo. Porém, a inserção de uma grande quantidade de VEs na rede de distribuição deixará a mesma mais vulnerável diante do aumento expressivo desse tipo de carga no sistema, pois os mesmos estarão conectados em áreas residenciais, as quais muitas vezes ficam sobrecarregadas em certos períodos do dia (Hu. et. al., 2019).

3.3 MODERNIZAÇÃO DA FROTA DE VUCs e DESAFIOS DO SETOR LOGÍSTICO

Entregas urbanas consistem naquelas localizadas dentro dos limites de um município, nos quais os veículos transportam as mercadorias dos centros urbanos de consolidação para lojas individuais, centros de distribuição urbanos ou habitações residenciais (Silva, 2022).

São Paulo (2016) define Veículo Urbano de Carga - VUC como: caminhão de pequeno porte, cujas dimensões e características, a serem definidas em ato da Secretaria Municipal de Transportes, sejam adequadas à distribuição de mercadorias e abastecimento no meio urbano, propiciando redução no conflito com pedestres, outros veículos não motorizados, de transporte coletivo e demais veículos, e que devem observar condições adequadas quanto à emissão de poluentes. Uma vantagem desses modelos é que a Carteira Nacional de Habilitação (CNH) permite na categoria B (a mesma utilizada para dirigir carros), que o condutor dirija veículos com peso bruto total máximo de 3.500kg. Dentro do segmento de VUCs, alguns modelos são fabricados especialmente para atender a essa demanda de transporte mais leve, permitindo que qualquer condutor com categoria B possa conduzir ou trabalhar com este utilitário.

O setor de transportes de carga, de curta ou longa distância, continuará, pelo menos até 2032, excessivamente dependente do uso de óleo diesel, já que não se

observa ainda perspectiva de expressiva substituição por fontes energéticas alternativas; mesmo assim, a inserção de veículos elétricos de carga deverá ser significativa (EPE, 2023).

Nos mercados globais, o interesse por alternativas eletrificadas de grande porte, como SUVs e Vans, vem crescendo; é mais vantajoso para as montadoras a criação desses modelos, já que é possível agregar mais valor. Em 2022, 16% dos SUVs vendidos no mundo, de todas as categorias, eram elétricos (Global EV Outlook, 2023). Entretanto, o aumento da popularidade destes modelos traz outras implicações, tais como a sustentabilidade, dado que as baterias desses veículos serão maiores e mais potentes, necessitando de uma quantidade maior de metais pesados na sua confecção.

Os veículos elétricos para distribuição urbana necessitam, antes de tudo, possuir a capacidade de competir com as soluções existentes no que diz respeito ao custo total de propriedade. Além disso, tal alternativa precisa se orientar para outros aspectos, tais como: volume de carga útil por peso total do automóvel, autonomia, vida útil das baterias e dinâmica de carregamento (Big; Erler, 2020).

3.4 POLÍTICAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS DE ELETROMOBILIDADE

A transição para a mobilidade elétrica já pode ser considerada uma realidade em países como Noruega (86%), Suécia (43%) e Holanda (30%), onde o percentual de elétricos vendidos anualmente já atinge patamares relevantes (Global EV Outlook, 2023).

Slowik *et al.* (2018) salienta as estratégias de mobilidade elétrica utilizada pelos governos mundiais; a apresentação de planos de ação que auxiliam a planejar e moldar os centros urbanos para superar as barreiras de adoção de frotas de VEs, tais como: infraestrutura, custos, sobrecarga do sistema de energia elétrica. Bem como, auxiliar as concessionárias de energia locais na previsão de carga ao se introduzir muitos VEs na rede.

No que tange os VUCs e modelos de grande porte, quinze países concordaram em trabalhar juntos para atingir 100% das vendas de caminhões e ônibus novos com emissão zero até 2040. Sob o novo Memorando de Entendimento Global (MOU) para Veículos Médios e Pesados de Emissão Zero (Green Car Congress, 2021). Áustria, Canadá, Chile, Dinamarca, Finlândia, Luxemburgo, Países Baixos, Nova Zelândia,

Noruega, Escócia, Suíça, Turquia, Reino Unido, Uruguai e País de Gales estão a estabelecer uma meta provisória de 30% de vendas de veículos novos com emissões zero até 2030.

No âmbito nacional, apesar de possuir uma das matrizes mais renováveis do mundo, com 82,9% de fontes sustentáveis (EPE, 2023), a porcentagem de venda de veículos elétricos no Brasil ainda é pequena em comparação a automóveis a combustão. Em 2022, apenas 2,3% das vendas totais de veículos eram de modelos eletrificados, segundo dados da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE, 2022).

Slowik *et al.* (2018) destacou que um grande desafio à eletrificação no Brasil é ir além das soluções atuais para a mitigação de poluentes e segurança energética; para isso o governo deve implementar medidas, tais como: metas de eficiência mais fortes para ônibus e transportes de cargas, sendo incentivada a implementação destes ao mercado nacional até 2025, o que garantiria o atendimento dos níveis de emissões acordados no Acordo de Paris (2015).

Um passo na direção contrária foi tomado pelo Governo Federal no início do ano de 2023, quando o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços anunciou que veículos elétricos, híbridos e híbridos plug-in produzidos fora do Brasil voltarão a pagar imposto de importação (extinto em 2018), com introdução de alíquota de 10% a partir de 1º de 2024 e crescimento progressivo até o patamar de 35%, em 2026. Tal decisão foi criticada por órgãos do setor, como a ABVE, por desincentivar um setor ainda em crescimento e com pouca participação nacional, o que não justificaria uma medida protecionista do governo.

3.5 TRANSPORTE URBANO DE CARGAS

Atualmente, 54% da população mundial vive em cidades, sendo esperado aumento desse número para 66% até 2050 (ONU, 2014). Com isso, aumentou a demanda pelo transporte de cargas e de passageiros; além disso, o advento do e-commerce e da pandemia de COVID-19 acelerou ainda mais o processo de crescimento do comércio eletrônico.

Segundo Rombouts *et al.* (2014) a última etapa da entrega de uma mercadoria ao consumidor final, conhecida como *last mile* ou última milha, representa cerca de 50% do custo total das entregas. Em vista disso, os atores do mercado são

encorajados a minimizar seus custos de transporte, mantendo um nível satisfatório de serviço, enquanto tentam reduzir o impacto social, ambiental e econômico de suas operações de transporte urbano de carga (Sanchez *et al.*, 2015).

Existe potencial para que as novas formas de operação na distribuição de carga melhorem a eficiência das entregas de última milha (Souza, 2020). Entretanto, a viabilidade financeira de algumas dessas novas formas de operação pode ainda ser questionável em razão dos altos investimentos necessários e do elevado custo de mão de obra.

Nesse sentido, a inserção de frotas elétricas como alternativa para o transporte urbano de cargas é uma opção viável a ser considerada, pois engloba soluções ambientais e econômicas para a sociedade. Porém, é necessário analisar previamente as condições de segurança e econômicas, para proteção, tanto do sistema elétrico como dos proprietários.

4 JUSTIFICATIVA

A representatividade do setor logístico no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro cresceu de 11% para 13% entre 2015 e 2021, representando uma tendência de crescimento (JK Capital, 2021). Com isso, em um mercado em ascensão, uma grande parcela de empresas vem buscando diferentes formas de se tornarem competitivas no segmento, ao passo que precisam expandir e modernizar suas frotas de veículos devido ao aumento da demanda.

A etapa de última milha (*last mile*) tende a ser a mais crítica e custosa da cadeia de entrega, fatores como combustível, tempo de deslocamento em trânsito e manutenção, são alguns dos motivos que oneram muito o arranjo logístico. Não obstante o maior custo, essa fase também é a mais prejudicial ao meio ambiente, é previsto que até 2030 a demanda por entregas last mile cresça 78%, o que resultaria em uma necessidade de aumento de 36% do número de veículos de entrega nos grandes centros (Fórum Econômico Mundial, 2020)

Nesse cenário, empresas como a ARROW MOBILITY S.A surgiram para modernizar a experiência de mobilidade elétrica urbana e logística; sendo o modelo de estreia da montadora, presente na Figura 3, o objeto de estudo deste trabalho. Lançado em 2022 e fabricado no Brasil, o modelo Arrow ONE foi pensado e projetado

para agir em entregas urbanas rápidas, sendo o primeiro modelo nacional 100% elétrico do tipo.

Figura 3 – Furgão Elétrico Arrow One.



Fonte: Arrow Mobility/Divulgação

As características elétricas do modelo estão descritas na Tabela 1, conforme dados da fabricante:

Tabela 1 – Características Elétricas do Furgão Arrow One.








Potência (kW)	Torque (kgfm)	Capacidade de carga (kg)	Bateria (kWh)	Tempo de Recarga (h)
100	35,7	2000	70 e 105	3*

*Carga Rápida.

Fonte: o Autor (2024)

É fundamental incluir comparativos no mercado em que o modelo elétrico se insere. Em 2023, os furgões com o maior número de emplacamentos no Brasil, conforme demonstrado na Tabela 2, foram os seguintes:

Tabela 2 – VUCs à Combustão.

Renault Master	Dados de Consumo e Emissão	
	Combustível	Diesel
	Consumo Médio (km/L)	10
	Emissão de Carbono (g/km)	180 à 200
	Tanque de Combustível (L)	80 à 105
	Capacidade de Carga (kg)	1.200 a 2.500
Fiat Scudo	Dados de Consumo e Emissão	
	Combustível	Diesel
	Consumo Médio (km/L)	10
	Emissão de Carbono (g/km)	200 à 250
	Tanque de Combustível (L)	80
	Capacidade de Carga (kg)	1.000 à 1.200
Ford Transit	Dados de Consumo e Emissão	
	Combustível	Diesel
	Consumo Médio (km/L)	12
	Emissão de Carbono (g/km)	200 à 250
	Tanque de Combustível (L)	70 à 95
	Capacidade de Carga (kg)	1.000 à 1.500
Mercedes-Benz Sprinter	Dados de Consumo e Emissão	
	Combustível	Diesel
	Consumo Médio (km/L)	8
	Emissão de Carbono (g/km)	200 à 220
	Tanque de Combustível (L)	75 à 100
	Capacidade de Carga (kg)	1.200 à 2.500
Iveco Daily	Dados de Consumo e Emissão	
	Combustível	Diesel
	Consumo Médio (km/L)	9
	Emissão de Carbono (g/km)	200 à 230
	Tanque de Combustível (L)	70 à 100
	Capacidade de Carga (kg)	1.500 a 3.000
Peugeot Expert	Dados de Consumo e Emissão	
	Combustível	Diesel
	Consumo Médio (km/L)	10
	Emissão de Carbono (g/km)	180 à 200
	Tanque de Combustível (L)	70 à 75
	Capacidade de Carga (kg)	1.200 à 2.500
Citroën Jumpy	Dados de Consumo e Emissão	
	Combustível	Diesel
	Consumo Médio (km/L)	10
	Emissão de Carbono (g/km)	180 à 200
	Tanque de Combustível (L)	70 à 75
	Capacidade de Carga (kg)	1.200 à 1.500

Fonte: Adaptado de Fenabrave (2024).

Um comparativo de operação com os modelos supracitados será discutido nos resultados, serão analisados:

- Custo de aquisição;
- Cálculo de emissões e compensação total de CO₂;
- Dinâmica de cargas;
- Tempo útil em serviço;
- Análise de depreciação.

Em novembro de 2021, foi divulgado que a locadora de veículos Unidas havia fechado um contrato para adquirir cem unidades de vans elétricas modelo Arrow ONE (Exame, 2021) Outro grande ator do mercado a também investir no modelo, foi a gigante do e-commerce Mercado Livre que fez a aquisição de cinquenta modelos, a serem entregues até o final de 2024 (FullPower, 2024).

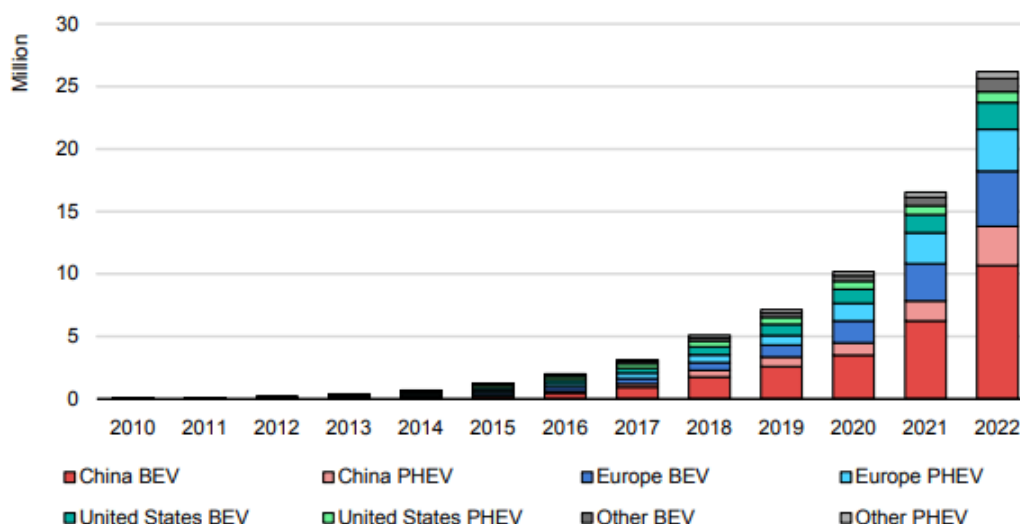
Figura 4 – Modelo Elétrico Arrow One do Mercado Livre.



Fonte: Mercado Livre/Divulgação (2024).

Esses cases evidenciam que as corporações já constataram que a eletromobilidade é o futuro para o setor logístico; e, além disso, estão apostando em opções nacionais como o protótipo da Startup, mesmo já existindo modelos importados semelhantes no mercado. A Figura 5 traz um recorte do crescimento do mercado nos últimos anos.

Figura 5 – Evolução Mundial do Estoque de Carros Elétricos.



Fonte: IEA (2022).

Diante da expectativa de expansão da frota de veículos elétricos no Brasil, à medida que o mercado oferece uma variedade crescente de opções, é essencial realizar análises detalhadas como no presente trabalho. Tais estudos são fundamentais para fornecer uma análise abrangente dos benefícios e desafios associados à novidade do uso dos veículos elétricos nas diversas operações e serviços de negócio brasileiras. Com a crescente adoção global desses veículos, entender os aspectos positivos e negativos através de dados objetivos se torna crucial para orientar decisões e promover transições sutis e sustentáveis.

5 METODOLOGIA

Foi realizada uma análise de estudo de caso de uma frota com base em documentos que abrangem a Política Nacional de Mobilidade Urbana, estabelecida pela Lei Federal nº 12.587/2012 e na literatura acadêmica, os quais fornecem diretrizes e dados específicos sobre tráfego e mobilidade nas cidades, essenciais para o planejamento eficiente de uma operação. A avaliação concentrou-se na substituição de uma frota de automóveis a combustão por uma alternativa totalmente elétrica, no contexto de entregas *last mile*.

No âmbito da PNMR (2013), em seu art. 6º, são diretrizes que visam à prestação dos serviços que envolvem a mobilidade, de forma a atender aos seus objetivos do plano:

Artigo 6º:

“I - Integração com a política de desenvolvimento urbano e respectivas políticas setoriais de habitação, saneamento básico, planejamento e gestão do uso do solo no âmbito dos entes federativos;”

“IV - Mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade;”

“V - Incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes;”

São Paulo (2015), descreve um plano de orientação à mobilidade para o município de São Paulo. Dentre as diretrizes abrangidas estão: Tecnologia e Otimização de Rota, visando a eficiência dos processos logísticos e Sustentabilidade e Redução de Emissões, promovendo o uso de veículos com menor impacto ambiental.

Com base nessas diretrizes, foram selecionadas as principais áreas de análise. Cada qual foi examinada e fundamentada na literatura atual existente na obtenção de resultados.

Serão comparados os modelos existentes de veículos à combustão na operação comercial proposta, observando resultados qualitativos e quantitativos.

5.1 ASPECTOS QUANTITATIVOS

5.1.1 Consumo de combustível

Para medir a eficiência de cada modelo de veículo em termos de distância percorrida por litro de combustível e obter uma autonomia global coletou-se os dados dos seguintes modelos, conforme tabela 03:

Tabela 3 – Motorização VUCs.

Modelo	Motorização
Fiat Scudo	Combustão/Diesel
Citroen Jumpy	Combustão/Diesel
Peugeot Expert	Combustão/Diesel
Iveco Daily	Combustão/Diesel
Ford Transit	Combustão/Diesel
Mercedes Sprinter	Combustão/Diesel
Renault Master	Combustão/Diesel
Arrow One	Elétrico

Fonte: o Autor (2024).

Serão realizados os cálculos para se obter valores de autonomia total em distância percorrida, a fim de se fazer um comparativo.

A autonomia de um veículo em quilômetros é determinada pela sua eficiência de consumo, expressa em quilômetros por litro (km/L), multiplicado pela capacidade do tanque de combustível, em litros (L).

$$Autonomia (km) = Autonomia \left(\frac{km}{L} \right) \cdot Tanque (L) \quad (1)$$

O valor total gasto no abastecimento é determinado pela quantidade de combustível que o tanque pode armazenar vezes o preço de cada litro:

$$Custo Abastecimento (R\$) = Tanque (L) \cdot Preço por Litro \left(\frac{R\$}{L} \right) \quad (2)$$

Para os cálculos, foi considerado o preço médio praticado para o litro do Diesel em agosto/24, o qual era de 6,03 (Petrobras, 2024), sendo diferente para cada estado. Em São Paulo, o valor praticado era de R\$ 6,02, sendo este o utilizado nas análises. A flutuação dos preços do diesel é influenciada por uma série de elementos, incluindo o preço do petróleo no mercado internacional, as políticas de precificação da Petrobras, os impostos estaduais e federais, e as margens de lucro das distribuidoras e revendedoras.

Para fins comparativos, uma razão entre a autonomia e o custo de abastecimento será analisada:

$$\left(\frac{\text{km}}{\text{R\$}}\right) = \frac{\text{Autonomia Tanque}(\text{km})}{\text{Custo Abastecimento}(\text{R\$})} \quad (3)$$

5.1.2 Manutenção

Semelhante ao último tópico, coletou-se os dados de manutenção dos mesmos modelos, separados por valores fixos de quilometragem atingida:

Tabela 4 – Custos de Revisão Modelos Convencionais.

Modelo	1ª Revisão	2ª Revisão	3ª Revisão	4ª Revisão	5ª Revisão
Fiat Scudo	20.000 km	40.000 km	60.000 km	80.000 km	100.000 km
	R\$ 1.608,00	R\$ 1.824,00	R\$ 2.536,00	R\$ 1.984,00	R\$ 1.608,00
Citroen Jumpy	20.000 km	40.000 km	60.000 km	80.000 km	100.000 km
	R\$ 1.158,00	R\$ 1.358,00	R\$ 2.030,00	R\$ 1.970,00	R\$ 1.624,00
Peugeot Expert	20.000 km	40.000 km	60.000 km	80.000 km	100.000 km
	R\$ 1.468,00	R\$ 1.654,00	R\$ 1.600,00	R\$ 2.508,00	R\$ 1.468,00
Iveco Daily	20.000 km	40.000 km	60.000 km	80.000 km	100.000 km
	R\$ 1.157,00	R\$ 1.157,00	R\$ 1.157,00	R\$ 1.157,00	R\$ 1.157,00
Ford Transit	20.000 km	40.000 km	60.000 km	80.000 km	100.000 km
	R\$ 1.669,00	R\$ 2.119,00	R\$ 1.669,00	R\$ 2.119,00	R\$ 1.669,00
Mercedes Sprinter	20.000 km	40.000 km	60.000 km	80.000 km	100.000 km
	R\$ -	R\$ -	R\$ 699,00	R\$ 1.799,00	R\$ 699,00
Renault Master	20.000 km	40.000 km	60.000 km	80.000 km	100.000 km
	R\$ 1.675,34	R\$ 1.675,34	R\$ 1.675,34	R\$ 1.675,34	R\$ 1.675,34

Fonte: O Autor, com base em Fiat (2024); Ford (2024); Citroen (2024); Peugeot (2024); Iveco (2024); Mercedes-Benz (2024) e Renault (2024).

Diante da impossibilidade de obter dados sobre os custos de revisão do modelo Arrow One, a companhia não conseguiu fornecer informações relevantes, recorreu-se à literatura especializada para estabelecer um parâmetro de análise. Considerando custos de depreciação, manutenção e seguros, os gastos com revisões periódicas em plataformas elétricas podem ser reduzidos em até 70% (Burnham *et al.* 2021). Em vista disso, foi calculada a média dos preços de revisão entre os concorrentes a combustão, e, aplicou-se um valor ajustado, correspondente a 50% dessa média, como uma estimativa ponderada das despesas de revisão para o Arrow One.

Através destes dados e as estimativas de operação serão estimados os custos de manutenção dos modelos através da equação 04:

$$\text{Custo Manutenção (R\$)} = \text{valor da revisões} + \text{depreciação do veículo} \quad (4)$$

O custo de manutenção de veículos elétricos é significativamente menor em comparação com veículos a combustão interna, podendo ser até 50% menor em alguns casos (Liu *et al.*, 2021). A principal razão para essa diferença é a simplicidade do sistema de tração elétrica, que possui menos peças móveis e componentes suscetíveis ao desgaste. Os EVs, por exemplo, não exigem serviços recorrentes como troca de óleo e correia dentada. A Tabela 5 traz, para fins de análise, os seguintes valores para o cálculo de depreciação:

Tabela 5 – Porcentagens para Cálculo de Desgaste.

	Gasto com Desgaste Anual
Veículo à Combustão	2%
Veículo Elétrico	1%

*Sobre o valor de aquisição

Fonte: O Autor (2024).

5.1.3 Custos de Operação

Nesta seção, o objetivo é estimar o custo total de operação dos veículos por período mensal e anual, incluindo combustível, manutenção, e outros custos.

$$\text{Custo de Operação (R\$)} = \text{Custo} \left(\frac{\text{R\$}}{\text{km}} \right) \cdot \text{Distância (km)} \quad (5)$$

Para estimar a distância média percorrida nas entregas do Mercado Livre em São Paulo, é possível se basear nas rotas de *last-mile* que cobrem as distâncias entre os centros de distribuição, localizados em Cajamar e Osasco, e os pontos de entrega dentro da capital. Essas distâncias variam conforme a localização dos clientes e as estratégias logísticas.

Sete agências foram mapeadas em cada região de São Paulo, posicionadas estrategicamente para atender os dois principais centros de distribuição da cidade, conforme Figura 5. Primeiramente, a análise de distância contemplou os trajetos de

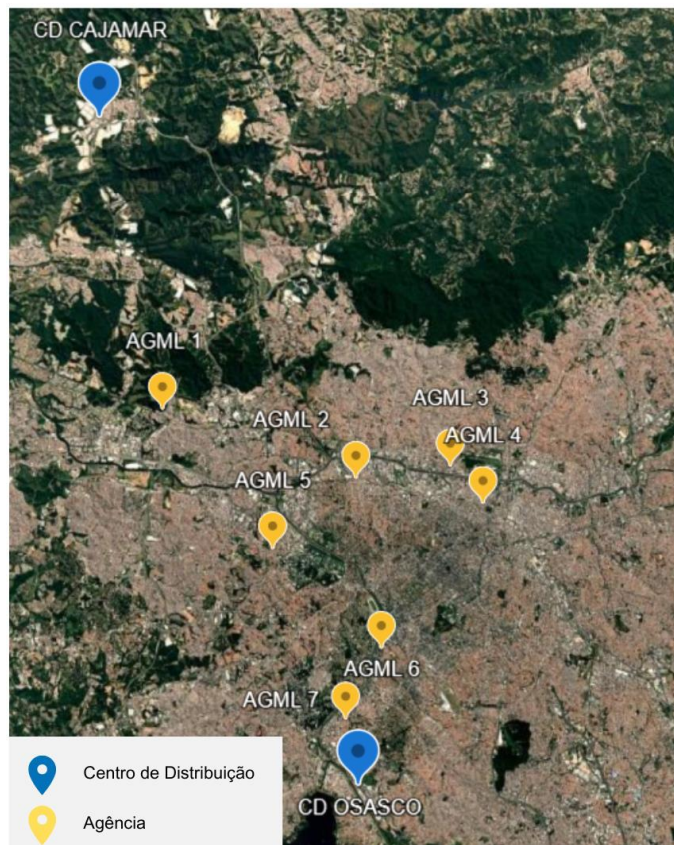
transferência entre os Centros de Distribuição (CD) e as agências (AGML), em seguida foi estimada uma distância média por entrega para cada cliente, seguindo o modelo de negócio da empresa, descrito na Figura 6.

Figura 6 – Modelo de Entregas Mercado Livre.



Fonte: Mercado Livre (2024).

Figura 7 – Centros de Distribuição e Agências do Mercado Livre.



Fonte: O Autor (2024).

A distância entre cada Centro de Distribuição (CD) até as Agências (AGML) é descrita pela Tabela 6:

Tabela 6 – Corridas Centro de Distribuição x Agências.

CORRIDA	Centro de Distribuição	Agência	Distância CD - AG (km)	Trecho Rodoviário (km)	Trecho Urbano (km)
1	CD CAJAMAR	AGML 1	21,06	19,45	1,61
2		AGML 2	29,62	20,03	9,59
3		AGML 3	33,47		13,44
4		AGML 4	35,80		15,77
5	CD OSASCO	AGML 5	21,08	-	21,08
6		AGML 6	10,29		10,29
7		AGML 7	6,44		6,44

Fonte: O Autor (2024).

Após esse percurso, cada veículo percorreu, diariamente, uma distância equivalente a autonomia máxima do modelo Arrow One, realizando essa operação dentro de modal urbano. O cálculo das distâncias simuladas é descrito pela equação 06:

$$\text{Corrida [km]} = (270 - \text{Distância CDxAG}) \quad (6)$$

Através dos coeficientes obtidos no capítulo **6.1 - Consumo**, serão calculadas as eficiências globais de cada percurso, em mais de um tipo de corrida; visando se obter uma precisão maior, conforme Equação 7:

$$\text{Eficiência [\%]} = \left(\frac{\text{AutonomiaArrow}}{\text{Percurso}} - \frac{\text{AutonomiaCombustão}}{\text{Percurso}} \right) \quad (7)$$

5.1.4 Características construtivas

Calcular a eficiência de carga e de volume de baú do modelo Arrow One em comparação aos outros veículos comerciais, a fim de quantificar a capacidade adicional que o Arrow One pode oferecer e as vantagens operacionais.

As características construtivas de cada modelo estão descritas na Tabela 7:

Tabela 7 – Características Construtivas.

Modelo	Tamanho Útil do Báu (m³)		Capacidade de Carga (kg)	
Fiat Scudo	6,0	7,0	1.000	1.500
Citroen Jumpy	5,8	6,1	1.000	1.300
Peugeot Expert	5,8	6,1	1.000	1.200
Iveco Daily	10,8	15,0	2.000	3.500*
Ford Transit	8,0	15,0	1.500	2.500*
Mercedes Sprinter	7,0	17,0	1.200	3.000*
Renault Master	8,0	13,0	1.500	2.500
Arrow One	10,0	12,0	1.500	2.000

*Modelos Truck

Fonte: O Autor (2024).

Á partir destes, serão estimadas as eficiências médias de carga e volume, conforme equações 08 e 09, respectivamente:

$$\bar{\eta}Carga [\%] = \left[\frac{Carga Arrow One - Carga Outro Modelo}{Carga Outro Modelo} \right] \cdot 100 \quad (8)$$

$$\bar{\eta}Volume [\%] = \left[\frac{Volume Báu Arrow One - Volume Báu Outro Modelo}{Volume Báu Outro Modelo} \right] \cdot 100 \quad (9)$$

5.1.5 Despesas Financeiras

Calcular as despesas financeiras esperadas, com base no custo inicial, gastos de operação e nos desembolsos gerados ao longo do tempo. Os valores de aquisição de cada modelo estão descritos na Tabela 8:

Tabela 8 – Preços de Aquisição.

Modelo	Motorização	Valor
Fiat Scudo	Combustão/Diesel	R\$ 215.990,00
Citroen Jumpy	Combustão/Diesel	R\$ 211.990,00
Peugeot Expert	Combustão/Diesel	R\$ 211.990,00
Iveco Daily	Combustão/Diesel	R\$ 288.112,00
Ford Transit	Combustão/Diesel	R\$ 285.990,00
Mercedes Sprinter	Combustão/Diesel	R\$ 294.000,00
Renault Master	Combustão/Diesel	R\$ 242.590,00
Arrow One	Elétrico	R\$ 400.000,00

Fonte: Autor (2024).

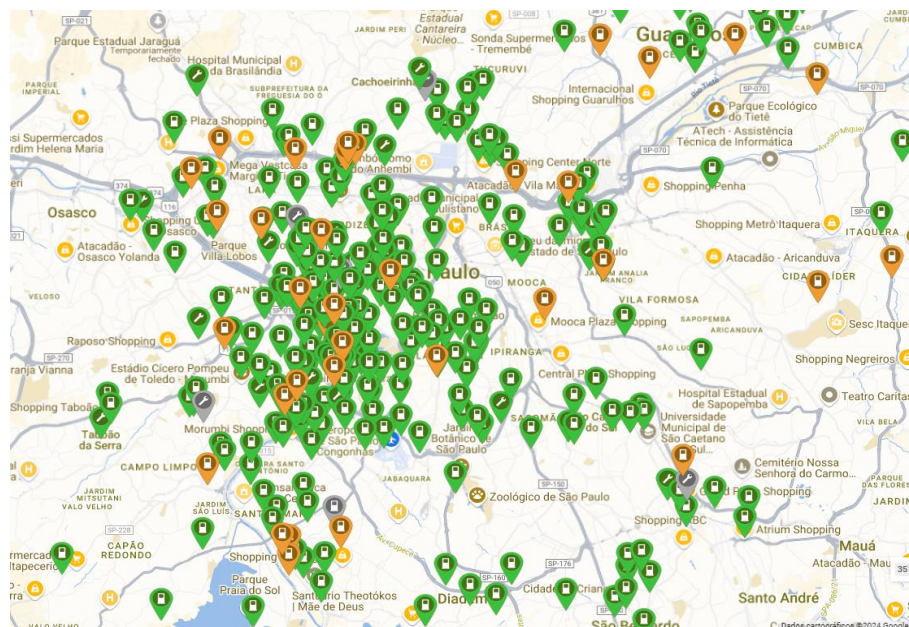
5.2 ASPECTOS QUALITATIVOS

5.2.1 Análise da infraestrutura de carregadores

Análise do modal, de modo a maximizar a eficiência dos percursos para reduzir o tempo de viagem e os custos operacionais. Mapeamento e Análise da rede de estações de carregamento, planejamento de localização, uso dentro de infraestrutura urbana, integração ao modelo de negócio proposto.

Foram mapeados os pontos de carregamento disponíveis, conforme Figura 8:

Figura 8 – Pontos de Carregamento na Cidade de São Paulo.



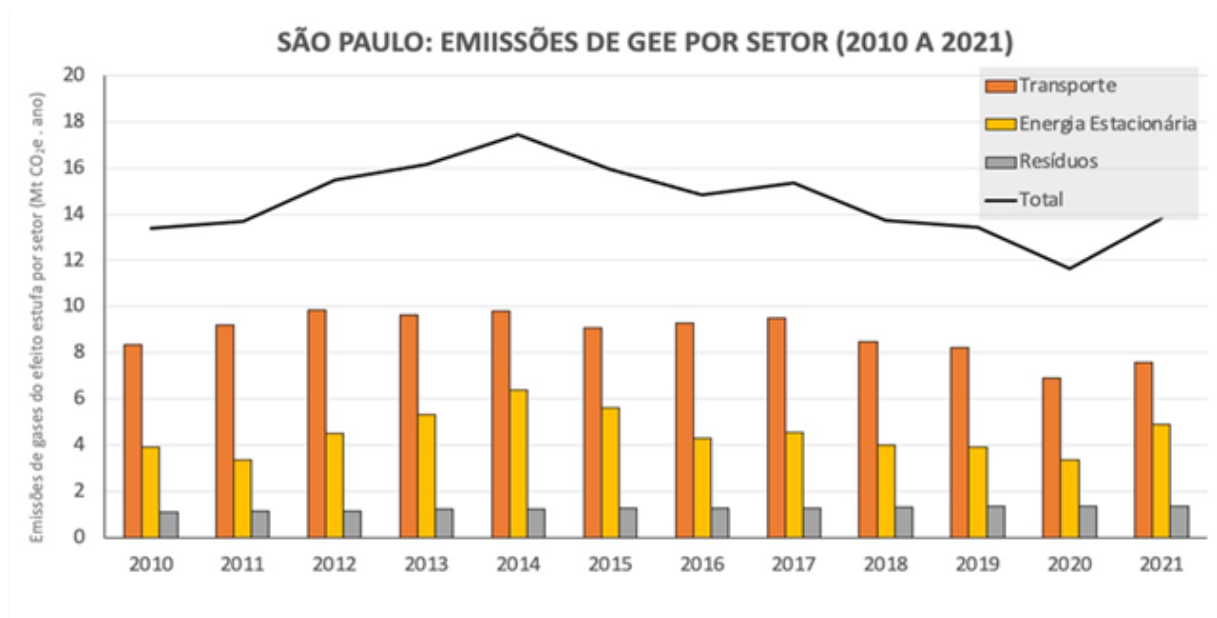
Fonte: PlugShare (2024).

5.2.2 Impactos ambientais

Avaliar o impacto positivo dos veículos elétricos na redução das emissões de poluentes e na melhoria do ambiente urbano. Isso envolve uma análise detalhada dos indicadores de diminuição da poluição e dos Gases de Efeito Estufa (GEE).

São Paulo (2024), registrou, entre 2010 e 2021, as principais fontes de emissão de gases poluentes na cidade, estratificadas na Figura 9:

Figura 9 – Fontes de Emissão.



Fonte: São Paulo (2024).

Foram mapeados os principais poluentes inerentes ao cenário em questão, a quantidade emitida e o passivo de redução. As vans a diesel emitem uma variedade de poluentes, incluindo:

- Monóxido de Carbono: Gás tóxico proveniente da combustão incompleta do combustível;
- Óxidos de Nitrogênio (NOx): Gases responsáveis pela chuva ácida;
- Material Particulado: Partículas finas de carbono, prejudiciais à saúde;
- Hidrocarbonetos Não Queimados (HC): Compostos orgânicos não completamente queimados.
- Dióxido de Carbono (CO₂): Gás do efeito estufa.

Estima-se as quantidades de emissão dos principais poluentes conforme Equação 10:

$$Emissão [kg] = \rho \cdot P \cdot f \quad (10)$$

A densidade do diesel (ρ) é frequentemente referida como aproximadamente $0,85 \frac{kg}{L}$ (Ismail *et al.*, 2012). Para calcular os montantes de emissão, é necessário descontar o percentual de biodiesel presente na mistura com diesel puro (P), o qual representa hoje 14% da solução e considerar o fator de transformação na reação do composto.

$$\rho \left[\frac{kg}{L} \right] = 0,85$$

$$P [\%] = 86\%$$

(EPA, 2021) traz os fatores transformação $\left[\frac{kg \text{ Poluente}}{kg \text{ Diesel}} \right]$ para os compostos em análise:

$$fNOx \left[\frac{kg}{kg} \right] = 0,010$$

$$fCO_2 \left[\frac{kg}{kg} \right] = 2,6$$

$$fCO \left[\frac{kg}{kg} \right] = 0,003$$

$$fHC \left[\frac{kg}{kg} \right] = 0,005$$

Baseado nestas constantes, serão calculadas as difusões de poluentes, por litro de diesel consumido, e o total de emissões por modelo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão avaliados os resultados dos parâmetros de análise, analisando os aspectos individuais e globais calculados, as limitações das descobertas e deduções obtidas.

6.1 CONSUMO

Para medir a eficiência de cada modelo de veículo em termos de distância percorrida por litro de combustível e obter uma autonomia global coletou-se os dados dos seguintes modelos:

Tabela 9 – Capacidade dos Tanques e Autonomias.

Modelo	Tanque (L)	Urbano (km/L)	Rodoviário (km/L)
Fiat Scudo	69	12,4	11,9
Citroen Jumpy	69	11,4	12,1
Peugeot Expert	69	11,5	11,8
Iveco Daily	70	7,9	8,5
Ford Transit	71	9,2	10
Mercedes Sprinter	75	9,7	10,5
Renault Master	100	7,3	7,8

Fonte: O Autor (2024).

Foram realizados os cálculos para se obter valores de autonomia total em distância percorrida, a fim de se fazer um comparativo:

Tabela 10 – Autonomias Totais e Custos de Abastecimento.

Modelo	Autonomia Urbana (km)	Autonomia Rodoviária (km)	Custo Abastecimento (R\$)
Fiat Scudo	855,6	821,1	415,38
Citroen Jumpy	786,6	834,9	415,38
Peugeot Expert	793,5	814,2	415,38
Iveco Daily	553	595	421,4
Ford Transit	653,2	710	427,42
Mercedes Sprinter	727,5	787,5	451,5
Renault Master	730	780	602

Fonte: O Autor (2024).

Destes, foi calculado quantos quilômetros cada modelo percorre por real gasto de combustível, como mostrado na tabela 11:

Tabela 11 – Quilômetros Rodados por Real Gasto.

Modelo	(km / R\$) Urb.	(km / R\$) Rod.
Fiat Scudo	2,06	1,98
Citroen Jumpy	1,90	2,01
Peugeot Expert	1,91	1,96
Iveco Daily	1,31	1,41
Ford Transit	1,53	1,66
Mercedes Sprinter	1,61	1,74
Renault Master	1,21	1,30

Fonte: O Autor (2024).

Observa-se que o indicador de km/R\$ consegue dar uma dimensão das eficiências globais dos modelos, já que mostra a distância que pode ser percorrida por real gasto.

Essa comparação é importante já que o custo da energia elétrica também é calculado de forma análoga, usando valores de consumo em kWh e tarifas estabelecidas pela ANEEL. Estes, para o presente trabalho, estão descritos na tabela 12:

Tabela 12 - Autonomias Totais e Custos de Recarga Arrow One.

			Grupo B3 - Comercial
	Bateria (kWh)	Autonomia (km)	Custo Recarga (R\$)
Arrow ONE	70	180	65,22
	105	270	97,82

Fonte: O Autor (2024).

Para consumidores da classe comercial (B3 - baixa tensão), o valor total do kWh, considerando tanto a Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) quanto a Tarifa de Energia (TE) foi em média igual a R\$ 0,93165/kWh (ENEL, 2024). É importante ressaltar que nesse grupo de consumo a tarifa se mantém a mesma independente do horário de utilização.

Neste caso, foram analisados os dois tamanhos de bateria. Por se tratarem de módulos idênticos, sendo um com dois módulos de 35 kWh e o outro com três, obteve-se os seguintes valores de autonomia:

Tabela 13 – Quilômetros Rodados por Real Gasto.

		Grupo B3 - Comercial
	Bateria (kWh)	(km / R\$)
Arrow ONE	70	2,8
	105	

Fonte: O Autor (2024).

Posteriormente, foram analisadas as diferenças em eficiência entre todos os modelos analisados:

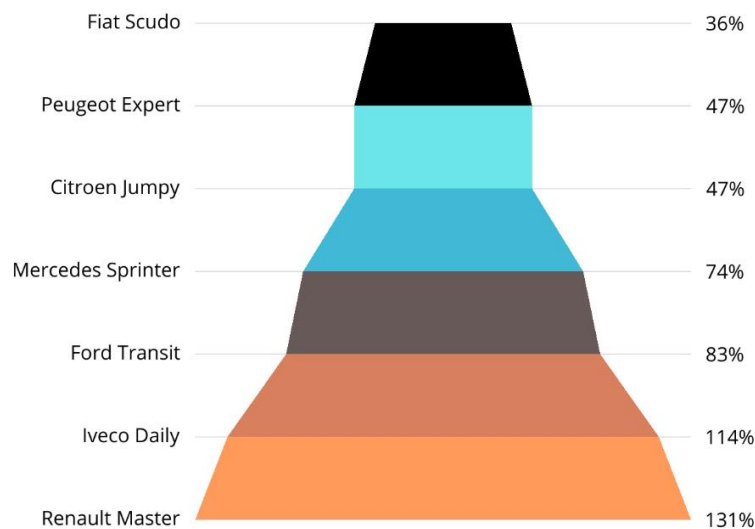
Tabela 14 – Autonomia por Real Gasto.

Modelo	A		Grupo B3 - Comercial	[B / A] - 1	
	(km / R\$) Urb.	(km / R\$) Aut.	B (km / R\$)	Urbano	Rodoviário
Fiat Scudo	2,06	1,98	2,8	36%	41%
Citroen Jumpy	1,90	2,01		47%	39%
Peugeot Expert	1,91	1,96		47%	43%
Iveco Daily	1,31	1,41		114%	99%
Ford Transit	1,53	1,66		83%	69%
Mercedes Sprinter	1,61	1,74		74%	61%
Renault Master	1,21	1,30		131%	115%

Fonte: O Autor (2024).

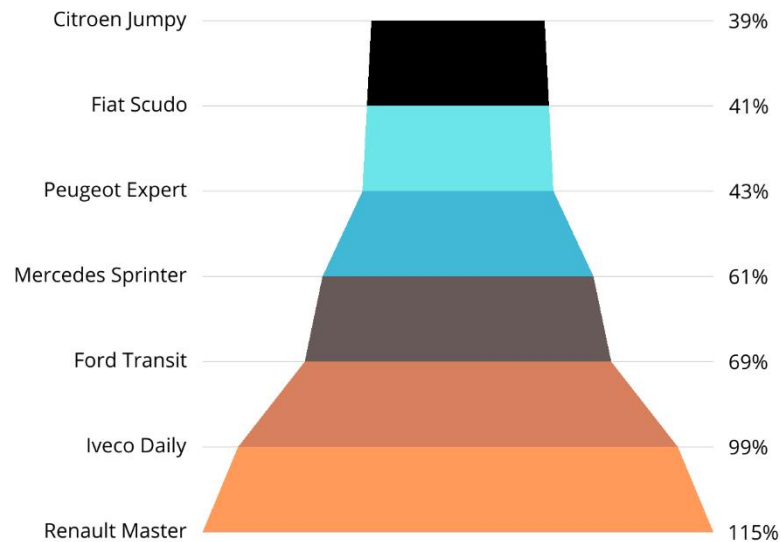
Percebe-se que, mesmo a autonomia máxima em quilômetros do modelo elétrico sendo, em alguns casos, três vezes menor que a dos outros exemplos, o valor de quilômetros rodados por real é maior, ou seja, o custo de rodagem é menor. As porcentagens de aumento de autonomia alcançada pelo modelo da Arrow Mobility sobre as outras marcas, em ordem crescente, estão descritas nas figuras 10 e 11:

Figura 10 – Ganho de Autonomia Urbana Arrow One por Real Gasto (%).



Fonte: O Autor (2024).

Figura 11 – Ganho de Autonomia Rodoviária Arrow One por Real Gasto (%).



Fonte: O Autor (2024).

É importante ressaltar que autonomia não é uma medida exata e tende a variar dependendo do tipo de condução executada, terreno e estado do motor. Mesmo assim, o elétrico se mostra mais viável nesse parâmetro.

Um parâmetro observado foi a grande variabilidade nos resultados obtidos, com alguns modelos apresentando quase o dobro de perda de eficiência em comparação a outros. Os veículos das marcas Citroën, Fiat e Peugeot mostraram resultados muito semelhantes, o que pode ser atribuído ao fato de as três montadoras pertencerem ao mesmo conglomerado automotivo, o Grupo Stellantis. Esses utilitários possuem uma construção mais compacta, com foco no tamanho e na leveza, o que lhes permite alcançar melhores números de autonomia. Essa estratégia de design contribui significativamente para o desempenho superior desses modelos em relação aos demais analisados.

É importante ressaltar que autonomia não é uma medida exata e tende a variar dependendo do tipo de condução executada, terreno e estado do motor. Mesmo assim, o elétrico se mostra mais viável nesse parâmetro.

6.2 MANUTENÇÃO

Considerando que no primeiro ano de operação os veículos passam por três revisões de rotina e, mais duas no segundo, o custo de manutenção para o período foi, conforme tabela 15, igual:

Tabela 15 – Custos de Manutenção

Modelo	1º Ano	2º Ano
Fiat Scudo	R\$ 10.884,60	R\$ 9.295,66
Citroen Jumpy	R\$ 9.240,40	R\$ 9.210,19
Peugeot Expert	R\$ 9.434,00	R\$ 9.693,42
Iveco Daily	R\$ 9.580,34	R\$ 9.265,67
Ford Transit	R\$ 11.722,50	R\$ 10.076,00
Mercedes Sprinter	R\$ 6.648,90	R\$ 11.083,60
Renault Master	R\$ 10.380,42	R\$ 9.627,97
Arrow One	R\$ 6.201,50	R\$ 5.650,91

Fonte: O Autor (2024).

Considerados aqui os custos de depreciação, conforme citado na seção 5.1.2 da Metodologia.

É importante ressaltar que custos de revisão podem variar drasticamente devido a inúmeros fatores, tais como: custos de aquisição do veículo, disponibilidade de mecânicas autorizadas, disponibilidade de peças de reposição, presença nacional da montadora, etc.

6.3 CUSTOS DE OPERAÇÃO:

O mapeamento georreferenciado das localidades, juntamente com as distâncias reais dos trajetos, foi levado em conta nas análises dos custos operacionais. As distâncias das diversas entregas, assim como o volume de entregas na metrópole em questão, foram estimadas com base no modelo operacional da

empresa. Para os percursos e rotas analisados, os resultados obtidos foram apresentados a seguir:

Tabela 16 – Distâncias de Análise.

Corrida	Percurso de entregas (km)
1	249
2	240
3	237
4	234
5	249
6	260
7	264

Fonte: O Autor (2024).

A partir destes, dos valores da Tabela 6 e dos cálculos de consumo obtidos no capítulo anterior, fez-se uma simulação considerando as particularidades de cada rota. Ao todo, sete corridas foram analisadas, de forma a se obter resultados mais precisos. A tabela 17 traz os ganhos de eficiência do modelo elétrico para cada corrida simulada:

Tabela 17 – Eficiências Obtidas.

MODELO	CORRIDA							Ef. Global
	1	2	3	4	5	6	7	
Fiat Scudo	34%	34%	35%	35%	34%	34%	34%	34,40%
Peugeot Expert	44%	44%	42%	43%	44%	44%	44%	43,64%
Citroen Jumpy	45%	45%	42%	43%	45%	45%	45%	44,19%
Mercedes Sprinter	70%	70%	68%	68%	71%	71%	71%	69,96%
Ford Transit	80%	80%	78%	78%	81%	81%	81%	79,73%
Iveco Daily	109%	109%	107%	108%	109%	109%	109%	108,65%
Renault Master	126%	126%	124%	125%	126%	126%	126%	125,71%

Fonte: O Autor (2024).

Todavia, é importante ressaltar a diferença de eficiência e tempo em trânsito. Devido as características dos veículos à combustão, estes tendem a possuir maior

autonomia entre paradas para abastecimento, conforme pode ser observado na tabela 18:

Tabela 18 – Distâncias Máximas sem Paradas.

Modelo	Distância [km]
Arrow One	270
Fiat Scudo	856
Citroen Jumpy	787
Peugeot Expert	794
Iveco Daily	553
Ford Transit	653
Mercedes Sprinter	728
Renault Master	730

Fonte: O Autor (2024).

Para o cálculo do custo com diesel, verificou-se o tempo de rodagem que os demais modelos sob a autonomia diária do Arrow One, conforme tabela 19:

Tabela 19 – Tempos em Trânsito.

Modelo	Dias	
Fiat Scudo	3,17	3 dias e 4 horas
Peugeot Expert	2,94	2 dias e 23 horas
Citroen Jumpy	2,91	2 dias e 22 horas
Renault Master	2,70	2 dias e 17 horas
Mercedes Sprinter	2,69	2 dias e 16 horas
Ford Transit	2,42	2 dias e 10 horas
Iveco Daily	2,05	2 dias e 1 hora

Fonte: O Autor (2024).

Para se obter o número de abastecimentos, analisou-se o período descrito na tabela 20:

Tabela 20 – Período e Distâncias da Operação - Mensal e Anual.

	Quilometragem (km)	Dias Úteis
Mensal	5.940	22
Anual	71.280	264

Fonte: O Autor (2024).

Assim, os custos para operação anualmente baseados nos valores de consumo e dados de operação são, conforme tabelas 21 e 22:

Tabela 21 – Custos Anuais de Abastecimento.

Modelo	Nº de Abastecimentos	Custo
Fiat Scudo	84	R\$ 34.892
Citroen Jumpy	91	R\$ 37.800
Ford Transit	110	R\$ 45.692
Iveco Daily	129	R\$ 54.361
Mercedes Sprinter	98	R\$ 41.887
Peugeot Expert	90	R\$ 40.635
Renault Master	98	R\$ 58.996

Fonte: O Autor (2024).

Tabela 22 – Custos Anuais de Recarga.

Modelo	Nº de Recargas	Custo
Arrow One	264	R\$ 25.608

Fonte: O Autor (2024).

Observa-se que os custos de operação do modelo elétrico são consideravelmente menores entre os analisados. Entretanto, o utilitário demandou, em alguns casos, quase três vezes mais paradas para recarga. Sendo mais leve e simples em construção mecânica, essa desvantagem operacional pode ser contornada com ganho econômico, ao passo que possui medições próximas aos maiores modelos, tem os custos aproximados aos dos compactos e baratos da categoria.

6.4 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS:

No modelo de negócio analisado, a capacidade de carga dos utilitários é vital para a eficiência e otimização dos custos da operação. Essa capacidade determina a quantidade de mercadorias que podem ser transportadas em cada viagem, influenciando diretamente a frequência das entregas.

Foi calculada a porcentagem de carga adicional e volume que o Arrow One pode transportar em comparação aos demais modelos. As eficiências, em ordem decrescente, estão descritas nas Tabelas 23 e 24:

Tabela 23 – Ganho de Capacidade de Carga.

Modelo	$\bar{\eta}$ Carga [%]
Peugeot Expert	85%
Citroen Jumpy	85%
Fiat Scudo	69%
Renault Master	9%
Mercedes Sprinter	7%
Ford Transit	3%
Iveco Daily	-14%

Fonte: O Autor (2024).

Tabela 24 – Ganho de Volume de Carga.

Modelo	$\bar{\eta}$ Volume [%]
Peugeot Expert	58%
Citroen Jumpy	52%
Fiat Scudo	42%
Renault Master	-4%
Mercedes Sprinter	-10%
Ford Transit	-10%
Iveco Daily	-34%

Fonte: O Autor (2024).

Pode-se observar que apenas um modelo supera a carga máxima suportada do Arrow One; tendo alguns, em média, metade da capacidade de peso. Acerca do

volume, dos quatro modelos com tamanho útil de baú maior que o modelo elétrico, quatro destes são modelos *truck*, com o compartimento de carga independente acoplado a carroceria. Em contrapartida, os modelos da Fiat, Peugeot e Citroen, que tiveram resultados relevantes de autonomia, tem menor volume estrutural, fato que afeta diretamente nas capacidades de carga desses automóveis.

O aumento no espaço disponível pode ser justificado pela simplicidade mecânica desses veículos, resultado de uma arquitetura construtiva diferente, como demonstrado na Figura 12. Essa abordagem permite maximizar o volume interno, possibilitando a inclusão de baús de maior capacidade.

Figura 12 – Espaço Interno Arrow One



Fonte: Arrow Mobility (2024).

Essas vantagens estruturais influenciam diretamente a redução dos custos operacionais, pois, ao possibilitar o transporte de maior volume de carga por viagem, diminuem-se as necessidades de deslocamentos adicionais. Por consequência, isso leva a uma economia significativa de combustível, tornando a operação mais eficiente financeiramente.

6.5 DESPESAS FINANCEIRAS:

Supondo os fatores de autonomies calculados e os custos de operação e manutenção, sobre cada modelo:

Tabela 25 – Custos de Operação e Manutenção.

Modelo	Operação + Manutenção	
	1º Ano	2º Ano
Fiat Scudo	R\$ 45.777	R\$ 44.188
Citroen Jumpy	R\$ 47.040	R\$ 47.010
Peugeot Expert	R\$ 55.126	R\$ 55.385
Iveco Daily	R\$ 63.941	R\$ 63.626
Ford Transit	R\$ 53.610	R\$ 51.963
Mercedes Sprinter	R\$ 47.284	R\$ 51.719
Renault Master	R\$ 69.376	R\$ 68.624

Fonte: O Autor (2024)

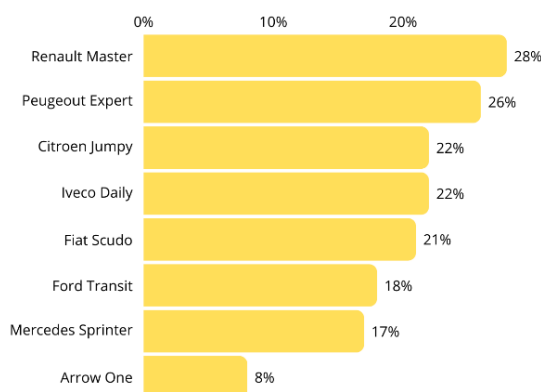
Tabela 26 – Custos de Operação e Manutenção Arrow One.

Modelo	Operação + Manutenção	
	1º Ano	2º Ano
Arrow One	R\$ 31.809,50	R\$ 31.258,91

Fonte: O Autor (2024)

Considerou um fator de 10% sobre o custo de manutenção no segundo ano, estimando possíveis custos adicionais após o fim das revisões. Nessa ótica, ao calcularmos uma média simples entre os custos de manutenção e operação nos primeiros dois anos e compararmos ao valor de aquisição de cada modelo; podemos observar que o elétrico tem a menor porcentagem na razão entre os valores, conforme Figura 13:

Figura 13 – Razão Custo de Manutenção e Operação Sobre Valor de Aquisição (%)

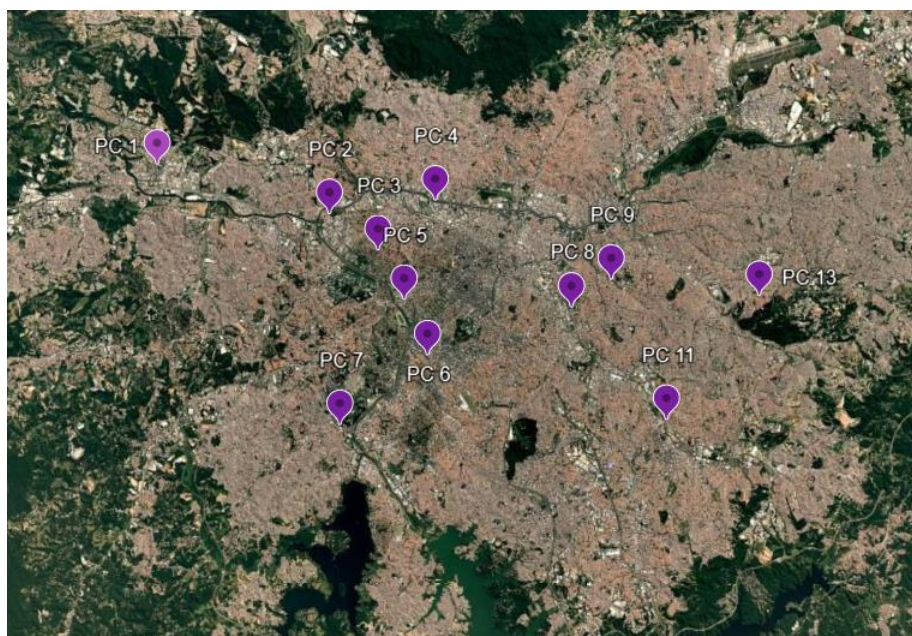


Fonte: O Autor (2024).

6.6 ANÁLISE DE INFRAESTRUTURA DE CARREGADORES

Após o mapeamento da rede de carregadores, foram selecionados apenas aqueles com potência mínima de 15 kW, conforme mapa na Figura 14. A seleção destes se deu devido a seu carregamento ser significativamente mais rápido do que os carregadores residenciais comuns de baixa potência, sendo capaz de fornecer uma boa quantidade de energia em menos tempo, sendo ideal para quem precisa de carregamento durante curtos períodos de parada. Além disso, um carregador de 15 kW, por operar em níveis de potência mais moderados, tende a gerar menos calor durante o processo de carregamento, o que pode aumentar a durabilidade do equipamento e da bateria do veículo.

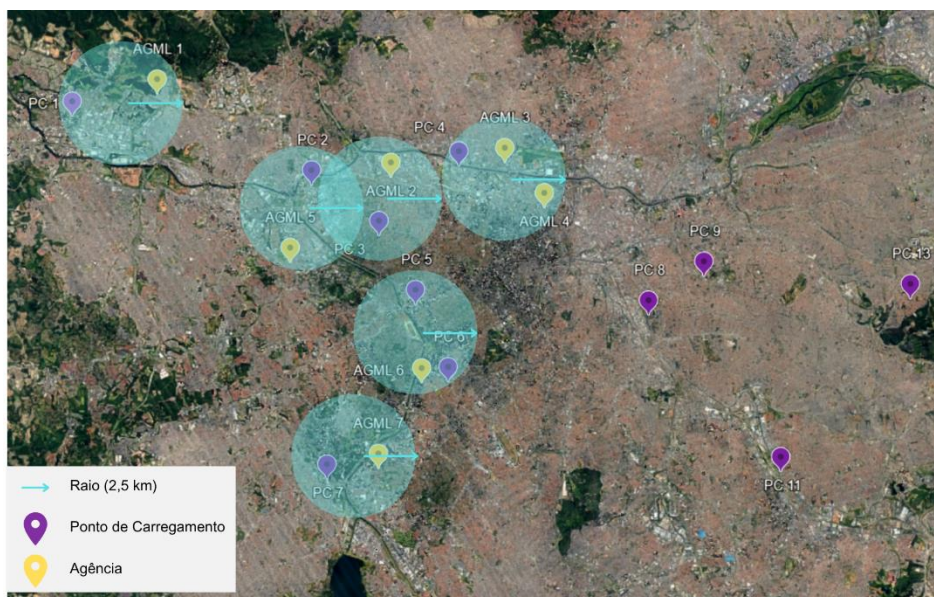
Figura 14 - Pontos de Recarga acima de 15 kW



Fonte: O Autor (2024)

De acordo com as distâncias georreferenciadas localizou-se os pontos mais próximos de cada agência, conforme Figura 15:

Figura 15 – Agências e Pontos de Recarga



Fonte: O Autor (2024).

Nota-se que há, pelo menos, um ponto de carregamento de 15 kW nas proximidades de cada agência de análise, com uma distância de até 2,5 km entre os locais. Essa infraestrutura oferece maior segurança à operação, demonstrando que a rede está preparada para suportar veículos elétricos, mesmo em situações de necessidade de carregamento fora dos horários programados.

É viável que a companhia possua um parque de recarga próprio para reduzir os custos nesse aspecto, enquanto os pontos mapeados podem servir como backup, já que tendem a ser mais onerosos para a operação.

6.7 IMPACTOS AMBIENTAIS

Os EVs contribuem significativamente para a diminuição das emissões de gases poluentes e Gases de Efeito Estufa (GEE), especialmente quando a matriz energética é renovável, como no Brasil.

As emissões, por litro de diesel consumido e o total de emissões por modelo, em quilogramas, conforme Tabela 27, são:

Tabela 27 – Mapeamento de Poluentes.

Poluente	Emissão por L [kg]
NOx	0,0073
CO ₂	1,9
CO	0,0022
HC	0,0037

Fonte: O Autor (2024).

Considerando o tamanho de tanque de cada modelo, obteve-se:

Tabela 28 – Emissões por Tanque.

Modelo	Tanque [L]	Emissões por Tanque [kg]			
		NOx	CO ₂	CO	HC
Fiat Scudo	69	0,5	131	0,2	0,3
Citroen Jumpy	69	0,5	131	0,2	0,3
Peugeot Expert	69	0,5	131	0,2	0,3
Iveco Daily	70	0,5	133	0,2	0,3
Ford Transit	71	0,5	135	0,2	0,3
Mercedes Sprinter	75	0,5	143	0,2	0,3
Renault Master	100	0,7	190	0,2	0,4

Fonte: O Autor (2024).

Conforme aferido no tópico de custos operacionais, é possível estimar a quantidade de abastecimentos que cada modelo faz por tanque de combustível anualmente:

Tabela 29 – Tanques abastecidos por ano.

Modelo	Dias	Tanques Abastecidos por Ano
Fiat Scudo	3,17	84
Citroen Jumpy	2,91	91
Peugeot Expert	2,94	90
Iveco Daily	2,05	129
Ford Transit	2,42	110
Mercedes Sprinter	2,69	98
Renault Master	2,70	98

Fonte: O Autor (2024).

Ao final de um ano, em uma operação de vinte e dois dias a cada mês, cada veículo terá emitido na atmosfera, em toneladas de gás:

Tabela 30 – Emissões Totais Anuais.

Modelo	Emissões por Ano [t]			
	NOx	CO ₂	CO	HC
Fiat Scudo	4,2	10,9	1,3	0,3
Citroen Jumpy	4,6	11,9	1,4	0,3
Peugeot Expert	6,3	16,4	1,9	0,4
Iveco Daily	6,6	17,1	2,0	0,5
Ford Transit	5,7	14,7	1,7	0,4
Mercedes Sprinter	5,4	14,0	1,6	0,4
Renault Master	7,1	18,6	2,1	0,5

Fonte: O Autor (2024).

Nota-se que as quantidades dos poluentes, exceto o dióxido de carbono, são menores no cenário micro. CETESB (2014) aferiu que, em 2013, os veículos foram responsáveis por 97% das emissões de CO, 81% de HC e 80% de NOx, na cidade de São Paulo. Tais montantes, nessa quantidade, trazem sérios riscos de saúde à população atingida.

O CO₂, especificamente, é um dos principais gases de efeito estufa, contribuindo diretamente para o aquecimento global. Cada tonelada de CO₂ emitida tem um impacto no aumento da temperatura média da Terra.

Em média, uma tonelada de CO₂ pode aumentar a temperatura global em aproximadamente 0,0003°C a 0,0004°C (IPCC, 2018). Logo, cada unidade seria responsável por um aumento de cerca de 0,0042 °C a 0,0056 °C, em média, na temperatura global.

As vans elétricas não emitem poluentes diretamente durante a operação. No entanto, é importante considerar que há emissões associadas à geração de energia elétrica utilizada para o carregamento desses veículos. No contexto brasileiro, esse impacto é atenuado devido à alta participação de fontes renováveis na matriz energética, o que contribui para a redução significativa das emissões indiretas.

Em termos gerais, uma van elétrica pode deixar de emitir até 80% ou mais de CO₂ em comparação com uma van a diesel, além de não emitir poluentes nocivos como NOx e PM. Essa diferença pode ter um impacto significativo na qualidade do ar e na redução de emissões de gases de efeito estufa. Ademais, é viável incorporar

créditos de carbono ao modelo de negócios da empresa, permitindo que esta demonstre seu comprometimento ativo com a diminuição dos índices de emissão; podendo se projetar aos consumidores como uma companhia preocupada ativamente com o meio ambiente.

7 REVISÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão avaliados os resultados dos parâmetros de avaliação, analisando os aspectos individuais e globais calculados, as limitações das descobertas e deduções obtidas.

Através dos cálculos de consumo, constatou-se que os veículos à combustão são ainda uma opção relevante em questão de autonomia, com alguns modelos podendo rodar centenas de quilômetros sem a necessidade de abastecimento. Porém, ao trazermos o comparativo a uma base comum, o Arrow ONE, mesmo possuindo uma autonomia muito menor, garante maior rentabilidade. A depender do modelo de negócio, um utilitário que precisa rodar pequenas distâncias, em área urbana, com tráfego intenso e constantes paradas, tende a necessitar de mais pausas para abastecimento; nesses casos, incluir uma frota elétrica deverá trazer ganhos potenciais ao longo do tempo. A tabela 31 traz um comparativo do valor economizado, por recarga do Arrow One, em um período específico de utilização, considerando os custos de abastecimento de cada opção:

Tabela 31 – Economia Financeira Arrow One.

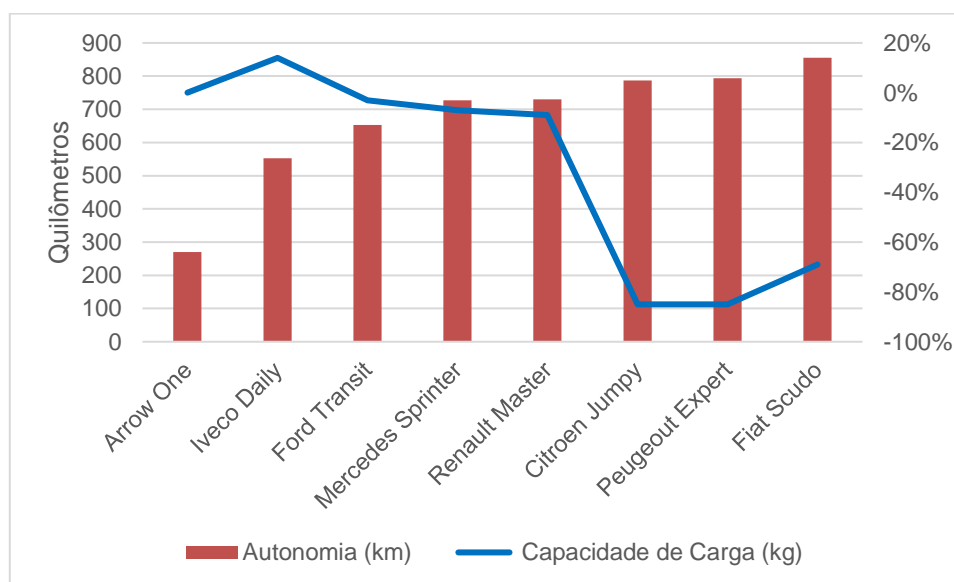
	Por dia	Por mês	Por ano
Fiat Scudo	R\$ 34	R\$ 2.884	R\$ 34.605
Peugeot Expert	R\$ 44	R\$ 3.109	R\$ 37.314
Citroen Jumpy	R\$ 46	R\$ 3.137	R\$ 37.641
Mercedes Sprinter	R\$ 71	R\$ 3.686	R\$ 44.238
Ford Transit	R\$ 80	R\$ 3.887	R\$ 46.642
Iveco Daily	R\$ 109	R\$ 4.526	R\$ 54.317
Renault Master	R\$ 126	R\$ 4.898	R\$ 58.782

Fonte: O Autor (2024).

Em viagens extensas, por longas rodovias, as opções à diesel ainda podem ter ligeira vantagem, devido a disponibilidade de postos de gasolina e a capacidade de autonomia.

Outro quesito observado é a proporção inversa entre as capacidades de carga e autônias, como observado na Figura 16:

Figura 16 – Relação de Autonomia por Capacidade de Carga.



Fonte: O Autor (2024).

A análise da distância de rodagem pode, à primeira vista, parecer um fator atraente em operações de entrega. No entanto, ao considerar uma abordagem focada na eficiência logística, torna-se evidente que maximizar o número de encomendas transportadas e o peso carregado é mais vantajoso do que simplesmente priorizar a distância percorrida. Esse parâmetro não apenas otimiza os custos operacionais, mas também contribui para uma maior rentabilidade na entrega de mercadorias.

Assim, é fundamental avaliar a relação entre a capacidade de carga e a frequência das entregas, em vez de se concentrar exclusivamente na distância de rodagem. Essa abordagem permite identificar oportunidades para melhorar a eficiência operacional e aumentar a rentabilidade das operações logísticas. Por isso sugere-se avaliar as opções com melhor relação entre estes dois parâmetros.

Referente aos custos de manutenção, é importante citar que, mesmo os custos sendo menores para as plataformas elétricas, a variedade e opções de oficinas especializadas é menor que os carros convencionais. Além disso, por se tratar de uma

Startup, com menos de cinco anos de fundação, a ARROW MOBILITY não possui agências de manutenção autorizadas em todo o país.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho iniciou-se no interesse pelo desenvolvimento do mercado de mobilidade no Brasil, as pesquisas começaram antes mesmo dos principais contratos de aquisição que a montadora firmou com as empresas apresentadas serem divulgados.

Durante a coleta dos dados verificou-se que este modelo de negócio ainda é recente no Brasil e por se tratar de uma empresa com menos de cinco anos de fundação, alguns processos ainda estão se adaptando. Dados sobre manutenção, depreciação e revenda ainda são escassos para essa categoria de veículo. Além disso, operações comerciais logísticas sob esses parâmetros requerem um período de testes prolongado para avaliar de forma quantitativa a viabilidade sustentável das práticas implementadas, especialmente em um mercado competitivo.

Entretanto, através da análise dos resultados do trabalho, constata-se que as opções do mercado têm resultados variados e, em comparação com o modelo da Arrow Mobility, vantagens e desvantagens. O impacto da operação de mobilidade elétrica pode ser testado em cenário micro para ajustes; porém, em perspectivas futuras um investimento, mesmo que elevado, em uma frota de EVs ou HEVs tende a ter uma curva favorável de retorno de investimento.

Com uma proposta recente e inédita no Brasil, a empresa tem passado por ajustes ao longo dos anos. Já existem opções elétricas importadas das principais montadoras, as quais tem mercados consolidados em outros países. No caso destes, uma barreira ainda são os custos elevados. Em julho/2024, o governo federal aprovou uma alíquota de importação que deve alcançar 35% em 2026, para modelos Híbridos (HEV) e Elétricos a Bateria (BEV). Para efeitos de comparação, modelos como Fiat e-Scudo, Peugeot E-Expert, Citroën ë-Jumpy e Renault Kangoo possuem valores recomendamos acima dos R\$ 300.000,00 atualmente; com os aumentos da alíquota, atualmente em 10%, podem ultrapassar os R\$ 400.000 a partir de 2026, contando apenas o reajuste fiscal.

Com o crescimento progressivo da empresa, o modelo Arrow One, atualmente avaliado em R\$ 400.000, pode vir a se tornar mais competitivo. Contudo, conforme

observado neste estudo, o valor de aquisição representa apenas uma parte do conjunto de variáveis analisadas. Embora o preço seja elevado, trata-se de um produto altamente artesanal, que compete com montadoras consolidadas há anos no mercado e com processos produtivos extremamente otimizados.

8.1 SUGESTÃO DE ESTUDOS FUTUROS

Nesta seção, serão apresentadas sugestões que podem ampliar o entendimento do tema e explorar novas abordagens relevantes.

Um ponto a se destacar é, as análises foram concentradas em uma grande metrópole, caracterizada por uma alta demanda de entregas e uso urbano. Recomenda-se, igualmente, a realização de estudos em outros cenários, como cidades menores ou isoladas. Além de avaliar a viabilidade do negócio em viagens de longas distâncias e o desempenho em estradas acidentadas ou não asfaltadas. Ademais, é significativo investigar esses mesmos contextos considerando veículos híbridos, pois estes oferecem uma autonomia superior em comparação aos elétricos puros e a conveniência de abastecimento com combustíveis fósseis. Bem como, a utilização de diferentes sistemas de propulsão impactará a operação e a eficiência do negócio.

Outra sugestão para estudos futuros é, como a inclusão de grandes frotas na dinâmica do sistema elétrico pode causar impactos nas redes de distribuição. Individualmente, o carregamento tende a ter um impacto imperceptível na frequência do sistema; entretanto, tendo em vista o crescimento desse mercado, havendo milhares de veículos conectados simultaneamente, o efeito é multiplicado. Adicionalmente, será necessário avaliar horários específicos e condizentes ao modelo de negócio para recarga dos utilitários.

Por fim, investigações futuras devem considerar não apenas a capacidade das redes de distribuição elétrica, mas também o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de carga, ou agregadores, que otimizem o uso da energia e garantam a eficiência na operação das frotas.

REFERÊNCIAS

Andrade, M. D., de Miranda, R. M., Fornaro, A., Kerr, A., Oyama, B., de Andre, P. A., & Saldiva, P. (2012). **Vehicle emissions and PM(2.5) mass concentrations in six Brazilian cities.** *Air quality, atmosphere, & health*, 5(1), 79–88. <https://doi.org/10.1007/s11869-010-0104-5>

ARROW One: furgão elétrico brasileiro estreia no serviço de entregas do Mercado Livre. *Revista Fullpower*, [s. l.], 20 nov. 2023. Disponível em: <https://revistafullpower.com.br/arrow-one-furgao-eletrico-brasileiro-estrela-no-servico-de-entregas-do-mercado-livre/>. Acesso em: 22 out. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana, estabelece diretrizes para o desenvolvimento urbano sustentável e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 jan. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 9 set. 2024.

Burnham, Andrew; Gohlke, David; Rush, Luke; Stephens, Thomas; Zhou, Yan; Delucchi, Mark A.; Birky, Alicia; Hunter, Chad; Lin, Zhenhong; Ou, Shiqi; Xie, Fei; Proctor, Camron; Wiryadinata, Steven; Liu, Nawei; Boloor, Madhur. **Comprehensive Total Cost of Ownership Quantification for Vehicles with Different Size Classes and Powertrains.** United States: Argonne National Laboratory, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.2172/1780970>. Acesso em: 22 out. 2024.

Castro, B. H. R. d.; Ferreira, T. T. **Veículos elétricos: Aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), 2010.** Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1764/2/BS%2032%20Ve%C3%ADculos%20el%C3%A9tricos%20aspectos%20b%C3%A1sicos%2C%20perspectivas_P.pdf. Acesso em: 22 out. 2024.

Caderno de Demanda de Transportes - PDE 2032. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/Caderno%20de%20Demanda%20de%20Transportes_PDE%202032.pdf. Acesso em: 22 out. 2024.

FIAT. Tabela de revisões Fiat. Disponível em: https://viaportofiat.com.br/themes/theme-site-via-porto-fiat-rs/assets/TABELA_DE_REVISOES_FIAT.pdf. Acesso em: 8 ago. 2024.

FORD. Revisão preço fixo Transit Furgão. Disponível em: <https://www.ford.com.br/servico-ao-cliente/revisao-preco-fixo/transit-furgao/>. Acesso em: 8 ago. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Global EV Outlook 2017: Two million and counting. 2017. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/global-ev-outlook-2017.html>. Acesso em: 03 out. 2024.

IVECO. Serviços e planos de manutenção. Disponível em: <https://www.iveco.com/brasil/servicos-e-solucoes/Servicos-Planos-de-manutencao>. Acesso em: 8 ago. 2024.

MAGALU começa a operar com caminhões elétricos. Mobilize Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/noticias/12893/rede-de-lojas-magalu-comeca-a-operar-com-caminhoes-eletricos.html>. Acesso em: 20 nov. 2023.

MERCEDES-BENZ. Revisões. Disponível em: <https://www2.mercedes-benz.com.br/vans/services/review.html>. Acesso em: 8 ago. 2024.

PEUGEOT. Revisões. Disponível em: <https://carros.peugeot.com.br/servicos-e-manutencao/manutencao-do-veiculo/revisoes.html>. Acesso em: 8 ago. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa – Síntese 2021. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/NOVO_Planilha%20síntese%20InventArio%202021\(2\).pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/NOVO_Planilha%20síntese%20InventArio%202021(2).pdf). Acesso em: 09 dez. 2024.

RENAULT. Revisão de veículos. Disponível em: <https://www.renault.com.br/todos-os-servicos/revisao.html>. Acesso em: 8 ago. 2024.

ROUMBOUTSOS, Athena; PANTELIAS, Aristeidis. **Allocating Revenue Risk in Transport Infrastructure Public Private Partnership Projects: How it Matters.** *Transport Reviews*, v. 35, n. 2, p. 183-203, 2015. Disponível em: doi.org/10.1080/01441647.2014.988306. Acesso em: 10 dez. 2023.

SANCHEZ, R. **The Prediction of Electric Vehicles Load Profiles Considering Stochastic Charging and Discharging Behavior and Their Impact Assessment on a Real UK Distribution Network.** *Energy Procedia*, v. 158, p. 6458-6465, 2019.

SILVA, A. C. A. C. da.; PIZZOLATO, N. D. **Using electric vehicles for freight transport purposes and challenges to do an implementation in Brazil.** *Ambiente & Sociedade*, v. 25, e01832, 2022. Disponível em: doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210183r2vu2022L3OA. Acesso em: 04 ago. 2024.

SINDIPEÇAS. Relatório da Frota Circulante 2022. Disponível em: https://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2022/RelatorioFrotaCirculante_2022.pdf. Acesso em: 10 dez. 2024.

SOUZA, C. de O.; D'AGOSTO, M. de A.; BANDEIRA, R. A. de M.; ALMEIDA, I. R. P. J. de. **Soluções para o transporte urbano de cargas na etapa de última milha.** *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 12, e20190138, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20190138>.

WOLFENBÜTTEL, R. F. **Políticas setoriais e inovação: entraves e incentivos ao automóvel elétrico no Brasil.** *Revista Brasileira de Inovação*, v. 21, n. 00, p. e022017, 2022. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8665264>. Acesso em: 11 dez. 2023.