

**DANILO AUGUSTO
JÚLIO CESAR SILVA
PATRÍCIA KÁTIA CORSINO
WILSON JÚNIOR**

FROTAS ELÉTRICAS: INOVAÇÃO NO MERCADO LIVRE

**SOROCABA
2026**

Resumo: O uso de veículos elétricos na logística brasileira está crescendo devido à busca por sustentabilidade, redução de custos e exigências ambientais. Em Sorocaba e região, esse avanço é favorecido pela forte presença de centros logísticos. Veículos como vans, furgões e caminhões leves são utilizados principalmente em entregas urbanas e de última milha, oferecendo vantagens como menor emissão de poluentes e maior eficiência energética. Apesar dos benefícios, desafios como alto custo inicial, infraestrutura limitada de recarga e necessidade de capacitação ainda dificultam a expansão. O estudo de caso no Centro de Distribuição do Mercado Livre em Sorocaba mostrou que a eletrificação da frota é viável para operações urbanas, contribuindo para redução de custos e metas de sustentabilidade.

Palavras chave: Veículos elétricos; Logística; Sustentabilidade; Mobilidade elétrica; Infraestrutura de recarga; Logística reversa.

Abstract: The use of electric vehicles in Brazilian logistics is growing due to the search for sustainability, cost reduction, and compliance with environmental requirements. In Sorocaba and the surrounding region, this progress is supported by the strong presence of logistics centers. Vehicles such as vans, cargo vans, and light trucks are mainly used for urban and last-mile deliveries, offering Advantage such as lower pollutant emissions and greater energy efficiency. Despite these benefits, challenges such as high initial costs, limited charging infrastructure, and the need for technical training still hinder expansion. The case study conducted at Mercado Livre's Distribution Center in Sorocaba showed that fleet electrification is viable for urban operations, contributing to cost reduction and sustainability goals.

Keywords: Electric vehicles; Logistics; Sustainability; Electric mobility; Charging infrastructure; Reverse logistics.

1 INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de descarbonização do transporte, fez com que a eletrificação da frota seja uma das estratégias diretas para cumprir metas de descarbonização, com potencial para reduzir milhões de toneladas de Co_2 . Tendo esta postura, este trabalho de pesquisa pretende demonstrar como veículos elétricos podem ser a alternativa mais viável, em relação ao retorno ambiental e, claro, financeiro, à medida que emitem zero gases, com estudos indicando uma redução de 60% a 70% na pegada de carbono total. Logo, se torna a alternativa mais viável para a logística brasileira sendo esta fundamental para compreender-se o impacto real dessa tecnologia, tanto para o consumidor, quanto para o meio ambiente e o sistema elétrico brasileiro. Pelo Estudo de caso que será apresentado, esta pesquisa visa elucidar os exemplos de utilização desses veículos na logística de uma grande empresa de entregas, demonstrando de fato e, na prática que a alternativa proposta atende aos objetivos desse trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Demonstrar que o transporte com veículos elétricos pode ser a alternativa mais viável para a logística brasileira, através de uma pesquisa de campo.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar o panorama atual da frota de veículos elétricos na logística brasileira;
- Investigar a Infraestrutura e Autonomia em Rotas Urbanas com base no impacto operacional e no tempo de recarga;
- Comparar os custos operacionais (combustível e manutenção) entre VE's e movidos a combustão em operações de last mile;
- Comparar a depreciação de VE's e veículos a combustão observando a logística reversa das baterias de lítio;
- Estudo de caso: Mercado Livre.

3 FROTAS ELÉTRICAS: INOVAÇÃO NO MERCADO LIVRE

3.1 Panorama atual da frota de veículos elétricos na logística brasileira na cidade de Sorocaba e região

Nos últimos anos, a adoção de veículos elétricos no setor logístico brasileiro tem apresentado crescimento significativo, impulsionado por fatores como a busca maior por sustentabilidade, redução de custos operacionais e atendimento as exigências ambientais cada vez mais rigorosas. Portanto na cidade de Sorocaba e região destacam-se como um importante polo logístico, favorecendo a implementação e o desenvolvimento de tecnologias voltadas á mobilidade elétrica.

3.1.1. Veículos Utilizados – Porte Médio

Segundo Vaz et al. (2015), no contexto da eletrificação da logística no Brasil, os veículos elétricos de carga de porte médio assumem papel estratégico, especialmente nas operações de distribuição urbana e regional. Conforme ele mesmo, esses veículos abrangem desde modelos compactos voltados à logística interna até caminhões leves e médios utilizados na etapa de “última milha”, caracterizada pela entrega final ao consumidor.

Entre os principais tipos disponíveis no mercado brasileiro, destacam-se as vans de carga, furgões elétricos, mini caminhões e caminhões com capacidade de transporte variando entre 1 e 14 toneladas. Fabricantes como JAC Motors, Foton e Volkswagen vêm ampliando sua participação nesse segmento, impulsionando a adoção de soluções mais sustentáveis no transporte de cargas, tendo como classificação, os principais veículos elétricos de carga que são:

- Mini utilitários e veículos de pequeno porte. Destinados a operações logísticas em ambientes controlados, como centros de distribuição, aeroportos e condomínios logísticos, esses veículos possuem capacidade de carga reduzida, geralmente entre 300 kg e 1 tonelada, sendo ideais para deslocamentos curtos e de alta frequência.
- Vans e furgões elétricos. Amplamente utilizados na logística urbana, esses veículos são fundamentais nas operações de última milha, oferecendo autonomia compatível com rotas urbanas e elevada eficiência energética.
- Caminhões leves e médios (6 a 14 toneladas) Voltados para a distribuição urbana e regional, esses veículos apresentam maior capacidade de carga e robustez operacional. Modelos como a linha Foton e Aumark, além de opções da JAC Motors e Volkswagen, apresentam autonomia média entre 110 km e 250 km.
- Caminhões compactos (Ecotruck) Desenvolvidos para operações específicas de curta distância, esses veículos destacam-se pela eficiência energética e adequação a centros urbanos com restrições ambientais.

Além disso, Vaz et al. 2015), observa a presença de veículos tanto importados quanto produzidos nacionalmente, sendo que alguns modelos contam com incentivos e linhas de financiamento, como as oferecidas pelo BNDES, o que favorece sua adoção por empresas brasileiras.

3.1.1.1. Vans de Transporte de Cargas

O segmento de vans elétricas de carga tem apresentado crescimento significativo no Brasil, impulsionado pela expansão do comércio eletrônico e pela necessidade de soluções logísticas mais sustentáveis. Esses veículos são amplamente utilizados em operações de última milha, principalmente em grandes centros urbanos, onde há maior restrição à circulação de veículos movidos a combustíveis fósseis, Vaz et al. (2015), entre os principais modelos disponíveis no mercado brasileiro, destacam-se:

Arrow One- primeira van elétrica desenvolvida e produzida no Brasil, com foco no atendimento ao setor de e-commerce e autonomia aproximada de 200 km, assim como mostra a figura um logo abaixo:



- Foton e View (Grand/Connect)-Disponível em diferentes configurações, apresenta autonomia de até 303 km (padrão WLTP), sendo uma alternativa competitiva no segmento.
- Mercedes-Benz e Sprinter- Modelo de maior porte, com autonomia que pode atingir até 478 km, indicado para operações logísticas de maior demanda.
- Ford E-Transit - Furgão elétrico com autonomia média de 317 km, amplamente utilizado em entregas urbanas.
- Renault Kangoo E-Tech - Veículo compacto, com autonomia em torno de 210 km, indicado para pequenas entregas.

- Farizon - Marca emergente com previsão de entrada no mercado brasileiro, ampliando a oferta de veículos elétricos comerciais.

Entre as principais vantagens operacionais e econômicas na adoção de vans elétricas destacam-se:

- Redução de custos operacionais

O custo de recarga elétrica pode ser significativamente inferior ao dos combustíveis tradicionais.

- Menor necessidade de manutenção:

Devido à menor quantidade de componentes mecânicos em comparação aos veículos a combustão.

- Sustentabilidade ambiental

Redução significativa na emissão de poluentes e gases de efeito estufa.

- Adequação ao ambiente urbano

Operação silenciosa e compatibilidade com políticas de restrição ambiental em grandes cidades.

Dessa forma, observa-se que as vans elétricas desempenham papel fundamental na modernização da logística urbana, contribuindo para operações mais eficientes, econômicas e sustentáveis.

3.1.1.1.2 Furgão

Dirigir um furgão Ford E=transit. no transito urbano e muito agradável pelo desempenho do sua performance que apresenta com um motor elétrico de 198Kw que e equivalente a 269CV de potência com uma sua tração traseira sendo uma potência de torque instantâneo 430Nm (43,8 kgfm) com essa potência e mas que eficiente para a sua categoria, com a uma aceleração muito rápida se torna uma furgão rápida para o transito no dia-dia, com muita agilidade e conforto para o trabalho tendo sensores ao redor do veiculo para torna o seu dia de trabalho muito mais seguro, o veículo possui uma centra de multimídia

SYNC 4 de 12 polegadas com freios eletrônicos com a função auto-hold (ele e um acionamento de parada do veículo automático) possui uma câmera de 360 graus para monitoramento dos pontos cegos, e piloto automático, a E-transit. tem um furgão com a capacidade de 15,1m² tendo sua tração traseira, Acima de 15m³ estão os caminhões leves Foton iBlue, JAC iev1200T e VW eDelivery., Os preços anunciados pela Ford são a partir de R\$ 542 mil para o furgão e o chassi-cabine 3,5t e R\$ 562 mil para a versão 4,2t. Os correspondentes com motor a diesel custam respectivamente R\$ 280 mil e R\$ 288 mil. E-transit. ela e importada da Turquia que atende toda Europa e tem e comercializada no Brasil, agora no México, Estados Unidos e Canadá existe uma fábrica Ford em (Kansas no Eua) que atende a demanda da produção da E-transit., a Ford já vendeu mais de 3 mil veículos E-transit. na Europa, América do Norte e América do Sul. Ela possui uma medida de carga útil de 781kg e a L4H3 350: 6,70m (Extra Longa, Teto Alto) para 15,1m³ e carga útil 644kg, assim como mostra a figura dois logo abaixo:



3.1.1.1.3 Vuc (BYD ET 3)

A VUC da JAC, o iEV 350T é o primeiro VUC sem 100% elétrico disponível no Brasil ele e um veículo inovador no brasil com uma experiencia sem igual ao dirigir um veículo um veículo de transporte 100% elétrico com uma direção inigualável em conforto no seu interior sem ruído vibrações um conforto a total para o motorista, Enquanto outras VUC convencional com o motor a diesel, ele emite em cerca de 10 toneladas de co2 por ano o VUC elétrico a emissão de co2 e zero, a tendência em aumento da demanda dos elétrico no pais tende a subir as vendas com incentivo do governo acionista e clientes tem como a

solução ideal com este veículo para a logística uma pesquisa realizada pela Union & Webster revelou que 87% dos brasileiros preferem consumir produtos de empresas sustentáveis uma pesquisa realizada pela Union & Webster revelou que 87% dos brasileiros preferem consumir produtos de empresas sustentáveis uma pesquisa realizada pela Union & Webster revelou que 87% dos brasileiros preferem consumir produtos de empresas sustentáveis. O jac iEV 350T tem um motor muito potente com uma aceleração suave e uma potência instantânea tendo uma ótima autonomia para o seu dia de trabalho sem precisar está tendo que carregar com frequência até porque o seu design e ergonômico e funcional torna-se um veículo mais funcional e preciso se tornando um grande amigo do meio ambiente isso demonstra o compromisso da empresa com a sua sustentabilidade compromisso com as inovações e responsabilidade com a sociedade contribuindo com o nosso futuro limpo, O VUC possui uma bateria fornecida pela GUOXUAN, e uma empresa especialista em baterias de alta qualidade o jac iEV 350t possui uma tecnologia fosfato de ferro-lítio para obter uma qualidade de bateria e capacidade total da energia de 55,3kw, e uma bateria que oferece uma autonomia de 265/325 com a velocidade de 40 km/h para cumpri a sua tarefa diária, possuindo uma tração traseira que melhora na sua instabilidade na estrada, a sua bateria é refrigerada a ar mantendo a temperatura ideal para o seu desempenho, o seu peso é de 420kg tendo uma tensão de 307V que ajuda na autonomia e eficiência do veículo, com o motor elétrico e a bateria de 55,3 kWh tendo uma impressionante autonomia de 260 km sem emitir poluentes, tem um torque de 350 Nm que garante uma capacidade de carga, força e robustez, em custo o jac iEV 350T o seu consumo de energia é baixo 11,00 R\$ a cada 100 km percorridos comparado a outro vuc a diesel similar, possuindo uma manutenção 5 vezes mais barato que um veículo diesel, ele está a venda por um valor inicial R\$329,990 um VUC 100% elétrico a sua potência de 150cv um toque máximo de 350Nm tração traseira com uma largura de 1622mm, altura de 2000mm, comprimento de 5600mm, entre eixo de 2850mm, com um peso de ordem de marcha de 1790kg.

A BYD tem se destacado no mercado dos carros elétricos no Brasil, cativando seu lugar entre uns dos líderes mundiais em seu seguimento entre o mundo dos elétricos, focando em tecnologia e sustentabilidade, é uma das empresas que se

protagonizou soluções inovadoras em veículos elétricos fortalecendo o mercado nacional “No Brasil, estamos acostumados a abordar os tributos como um problema isolado, mas, na verdade, acredito que isso deveria começar a partir de uma política de Estado, e não apenas de governo”, disse o diretor de Veículos Comerciais e Solar da BYD, Marcello Schneider. mesmo diante dos obstáculos, o executivo destacou que a companhia segue apostando na disseminação da mobilidade elétrica no Brasil. A empresa BYD está no Brasil há mais de 10 anos, porém o seu reconhecimento vem se destacando e aumentando a sua visibilidade no mercado desde 2022 por conta de seus veículos de lançamento leve voltado ao consumidor final, o seu maior destaque é trazer tecnologia de ponta, produtos com alta qualidade e preços competitivos no mercado.

3.1.1.1.4 Utilitários

Os veículos utilitários elétricos têm uma capacidade de transportar uma carga com peso total de 800kg, e a autonomia de 300km, A bateria de íon de lítio de 45kWh ela é composta por 8 módulos que são independentes, ela entrega uma excelente autonomia no qual o carro pode até chegar os 300km em uma velocidade de 130 km/h, a Kangoo e-tech o seu valor chega em a custar R\$ 260 mil, tendo um comprimento 4,91 sendo 1,86 de largura 1,89 de altura e a sua distância entre eixo equivalente a 3,10 com a sua capacidade de carga de até 800 kg, O carro conta com uma tecnologia como controle de tração estabilidade tendo assistente de partida em rampa, tendo câmera traseira, sensores de controle de pressão dos pneus ar condiciona e um computador de bordo.

3.1.2 Dados atuais de utilização em transporte de cargas

As frotas elétricas têm crescido no Brasil de forma lenta e um pouco restrita em alguns nichos específicos no Brasil, especialmente as operações urbanas e frotas das grandes empresas, Dados de um estudo recente da Mirow & Co. mostraram que 0,4% da frota de caminhões em circulação no país é elétrica, percentual bem abaixo de mercados como China e Europa, e que deve crescer de maneira gradual ao longo da próxima década. Segundo projeções da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e da Anfavea, os caminhões elétricos deverão representar até 2030 em média uma frota brasileira de 1,9% e até 6–

8%,isso vai depender muito da política pública sobre infraestrutura, o diesel continuará sendo responsável por mais de 85% da frota no Brasil, caminhões elétricos já são economicamente viável em algumas operação no brasil mais não e o suficiente de ser uma solução em massa no Brasil, se compararmos hoje o Brasil com a china ela opera com uma frota de 13,5% de caminhões elétricos, com uma grande parte relevante de veículos a gás e biometano, enquanto a Europa se aproxima de 2,5 com os caminhões elétricos isso e por ser impulsionada por metas de redução e de emissões, nas grandes cidades o governo europeu subsidiou o direito de compra aos empresário, a demanda para a infraestrutura e muito puxada para as empresas com a troca para as frotas elétricas focada na descarbonização a capacidade de investimento na infraestrutura para recarga própria no centros de distribuição ou em suas garagens, estudos conclui que a transição para de frotas de caminhões elétrico tende ser gradualmente dependendo do avanço de estruturas publicas, sem investimento significativos em redes elétricas, Os caminhões tende a ficar em nichos específicos principalmente enquanto o diesel continua fazendo o papel principal no desempenho do transporte central de cargas .

3.2 Infraestrutura

Apesar dos benefícios claros dos veículos elétricos, sua implementação no setor logístico ainda encontra desafios importantes ligados à infraestrutura disponível, aos custos envolvidos e às adaptações operacionais necessárias.

A expansão da infraestrutura de recarga para veículos elétricos (VEs) vem ganhando cada vez mais relevância, tanto em nações desenvolvidas quanto em países em desenvolvimento, pois a ausência de pontos de carregamento adequados pode limitar a adoção e a disseminação dessa tecnologia.

Diante desse cenário, pesquisadores e engenheiros vêm se dedicando ao desenvolvimento de soluções de recarga mais avançadas, capazes de suprir as necessidades dos usuários sem comprometer a estabilidade do sistema elétrico, assim como diz: "A infraestrutura de carregamento envolve basicamente dois elementos: a energia que será fornecida aos veículos e o sistema de comunicação que monitora e controla todo o processo", (SAVARI et al., 2023).

Entretanto, a introdução de veículos elétricos para o transporte de carga é uma questão de sustentabilidade que será capaz de trazer inúmeros benefícios para a economia do Brasil. Porém, os obstáculos para que essa transição seja feita com relação aos veículos tradicionais estão representados por fatores de natureza econômica, política e ambiental (VAZ et al.,2015).

Os veículos de porte leve a médio têm sido o principal foco de pesquisas e desenvolvimento por duas razões principais: a crescente pressão regulatória mundial para diminuir o tráfego intenso e as emissões em áreas urbanas e, além disso, o fato de esses veículos apresentarem características semelhantes às dos automóveis de uso particular e de passageiros, cujo desenvolvimento tecnológico no campo dos veículos elétricos já se encontra em estágio mais avançado.

Como essa transição de frota ainda está em fase inicial e há carência de infraestrutura adequada para operações de longa distância, as mudanças começaram pelos serviços urbanos, com percursos mais curtos, como entregas domiciliares e atividades de apoio. Esse movimento também contribui, de forma natural, para familiarizar a população brasileira e promover sua adaptação a esse novo modelo.

Ainda não temos uma considerável utilização de VES no transporte de carga por conta da infraestrutura de recarga necessária aos VES, que ainda estão em estado bastante inicial, o que leva à descrença de muitos usuários em suas respectivas efetividades. É necessário solucionar entraves e, dessa forma, possibilitar a viabilização plena do uso dos veículos elétricos no transporte de carga (WANG;THOBEN, 2017).

No contexto brasileiro, diversos fatores de diferentes naturezas dificultam uma transição mais eficiente da frota de veículos convencionais para veículos elétricos. Entre eles, destacam-se os fatores econômicos, ligados aos altos custos iniciais de aquisição e manutenção desses veículos para as empresas envolvidas. Além disso, há fatores sociais, como questões relacionadas à saúde ocupacional — especialmente no caso de trabalhadores da coleta de lixo — e também o aumento do risco de acidentes, já que o funcionamento silencioso dos veículos elétricos pode dificultar que pedestres percebam sua aproximação.

"Já um novo estudo da Universidade de Leeds, no Reino Unido, diz que carros elétricos não representam maior risco para pedestres do que veículos a combustão"(CHATELAIN, 2025).

"A pesquisa foi publicada na revista científica Nature Communications (ANO??) e analisou milhares de acidentes de trânsito registrados entre 2019 e 2023. O trabalho é assinado por Zia Wadud, professor de Mobilidade e Futuros Energéticos, e se baseia em uma das bases de dados mais completas da Europa sobre sinistros viários"(CHATELAIN, 2025).

Uma das explicações centrais para esses resultados está no perfil da frota elétrica atual. A maioria dos carros elétricos em circulação é relativamente nova e equipada com tecnologias avançadas de assistência à condução, como:

- frenagem automática de emergência
- detecção de pedestres
- câmeras e radares
- sensores de proximidade
- Sistema de Alerta Acústico de Veículos (AVAS - Acoustic Vehicle Alerting System)

É uma tecnologia essencial para veículos elétricos e híbridos, desenvolvida para emitir sons artificiais em baixas velocidades.

O estudo da Universidade de Leeds mostra que, ao menos do ponto de vista da segurança dos pedestres, a transição para carros elétricos é compatível com ruas mais seguras.

Em fevereiro de 2025, o número de eletro postos no Brasil alcançou um avanço significativo, totalizando 14.827 eletro postos públicos e sem públicos, no entanto, esses postos de carregamento só estão dispostos em 25% dos municípios brasileiros e, além disso, apenas 16%, algo em torno de 2.430, desses postos são de carregamento rápido (ARAÚJO, 2025).

O Congresso Nacional tem proposto a criação de incentivos, como um Projeto de Lei que prevê a obrigatoriedade de concessionárias de energia instalarem pontos de recarga para veículos elétricos em vias públicas e em áreas residenciais e comerciais. Além disso, a proposta também determina que o poder público desenvolva mecanismos para viabilizar a instalação de tomadas

destinadas à recarga desses veículos em vagas de garagem de edifícios residenciais.

O projeto também prevê a eletrificação das principais estradas que partem da capital paulista (rodovias Tamoios, Imigrantes, Carvalho Pinto, Dom Pedro, Governador Mario Covas e Washington Luís), além da integração aos corredores elétricos já existentes (Via Dutra e Régis Bittencourt). Dessa maneira, o motorista poderá percorrer mais de 1,4 mil quilômetros de Vitória (ES) até Joinville (SC), passando por Rio de Janeiro (RJ) e Curitiba (PR), sem emitir fumaça. Ou seja, o maior eixo populacional e econômico do Brasil será interligado por estrutura de carregamento aos veículos elétricos.

3.2.1 Autonomia em Rotas Urbanas

A menor autonomia e a limitada capacidade de carga dos veículos elétricos podem comprometer a eficiência das entregas, especialmente em contextos urbanos. Embora sejam bastante utilizados nas operações de última milha, esses veículos ainda encontram dificuldades em percursos mais longos, devido à escassez de infraestrutura adequada e à necessidade de recargas frequentes. Algumas empresas têm adaptado suas operações utilizando veículos com autonomia entre 150 e 250 km, capacidade de carga de 3 a 3,5 toneladas e cerca de 40 entregas mensais em rotas urbanas de até 75 km.

Para uma viagem de 1000 quilômetros, conforme seu planejamento. Em um carro a combustão, com um tanque de 40 litros de gasolina e um rendimento de 12.5 km/litro, o condutor teria de abastecer após rodar 500 quilômetros e o abastecimento duraria em torno de três minutos, considerando o tempo com a bomba ligada.

Por outro lado, um veículo elétrico, que pode ter em média 100 a 500 quilômetros de autonomia, o condutor também teria de parar no mínimo uma vez, considerando a melhor das autonomias, no entanto o carregamento pode durar em torno de 4 a 8 horas e nem todos os locais possuem a infraestrutura necessária para tal (ARAÚJO, 2025).

3.2.1.1 Tipos de carregamento

O elemento central dos veículos elétricos é a bateria. Nesse contexto, as baterias de íon-lítio têm se destacado por apresentar soluções mais eficientes para diversos desafios tecnológicos, como tempo de recarga, autonomia, peso e densidade de energia.

As baterias de íon-lítio constituem um importante avanço tecnológico no contexto dos veículos elétricos. Entre suas principais vantagens estão o bom desempenho e a segurança proporcionada aos usuários. Além disso, por utilizarem materiais de baixa densidade, podem ser desenvolvidas com menor peso, dimensões reduzidas e custos mais competitivos.

O objetivo dos pesquisadores é desenvolver baterias cada vez mais leves, pequenas e de alta capacidade, aumentando assim, a proporção do alcance sobre o tamanho da bateria e reduzindo o peso e dimensões dos veículos elétricos, mas os custos totais ainda limitam o desenvolvimento e emprego destas inovações (WANG; THOBEN, 2017).

Para recarga dessas baterias, existem três principais tipos de carregamento estático: carregamento em casa, wallbox e carregamento em eletropostos.

O carregamento em casa (carga lenta) pode acontecer em tomadas de 110V ou 220V. De acordo com o padrão recomendado pela NBR-5410 as de 110 podem ser 10A ou 20A e as de 220V a capacidade de corrente é de 20A. Quanto maior for relação tensão-corrente menor será o tempo de carregamento devido à Maior potência. Por esta via o carregamento é concluído entre 15h a 20h.

O wallbox (carga semirrápida) é um carregador de parede com a instalação feita em tomada trifásica, que aguenta maior carga de potência. O que muda em uma tomada trifásica é o fato de haver uma maior entrega de potência para carregamento, uma vez que a 380V (tensão de linha) e a 20A sua capacidade de entrega aumenta para 13.200W, reduzindo o tempo de recarga para próximo das 8 horas.

Já o terceiro tipo e mais eficiente é o carregamento em postos de recarga públicos e privados (carga rápida), capazes de abastecer 80% da bateria em 1 hora, quase sempre de forma gratuita. Em qualquer posto não há cobrança. Por lei, é proibido cobrar qualquer taxa ou tarifa por uso de energia em locais

públicos. No caso de shoppings ou estacionamentos, o cliente teria que pagar o preço cobrado no estacionamento, mas não pelo serviço de carregar.

Um fator importante a se observar é o tipo de plugue empregado nos locais de recarregamento. Como existem três padrões diferentes: norte-americano, europeu e japonês, para a expansão da mobilidade elétrica no Brasil é necessário definir qual das características de plugues deverá ser adotada, para melhor atendimento das demandas.

3.2.1.1.1 Baterias - Logística reversa

A bateria é considerada o componente central dos veículos elétricos, pois é onde a energia é armazenada. Sua disposição pode ser feita em módulos (com mais de uma célula de bateria) ou em packs (conjunto de módulos). A formação dessas baterias envolve um cátodo (polo positivo), que é responsável pela energia, segurança, custo e vida útil, e um ânodo (polo negativo), normalmente feito de grafite ou carbono duro. Outros materiais estão sendo estudados, como o óxido de titânio e a modificação da superfície do grafite, com o objetivo de mitigar as deficiências do grafite (CASTRO et al.,2013).

As baterias de lítio utilizadas nos carros elétricos e híbridos têm uma vida útil considerável, com uma média de 10 a 20 anos de funcionamento, dependendo do uso e das condições a que são submetidas. (ABVE, 2024). As baterias de lítio não expiram como pilhas tradicionais, mas sua capacidade de armazenar e fornecer energia diminui gradualmente.

A diminuição da capacidade das baterias de veículos elétricos ocorre devido ao desgaste químico e ao uso contínuo. Com o passar dos ciclos de carga e descarga, a resistência interna da bateria cresce, o que reduz sua eficiência em armazenar energia, A taxa média de degradação é de aproximadamente 1 a 3% por ano. (ABVE,2024).

Os fabricantes de veículos elétricos geralmente oferecem garantias de 8 a 10 anos para as baterias, ou até que sua capacidade de armazenamento caia abaixo de 70% do original. Marcas como Tesla e BYD se destacam nesse quesito, oferecendo até 240.000 km de garantia.

É importante destacar que as baterias usadas não se tornam imediatamente resíduos. Muitas podem ser reutilizadas para armazenamento de energia em sistemas estacionários, como painéis solares, ou recicladas para recuperar materiais críticos, como lítio e cobalto (ABVE, 2024).

Embora as baterias de carros eletrificados percam energia com o tempo, sua vida útil é longa, e a tecnologia atual permite gerenciar essa perda de forma eficiente. Com cuidados adequados e tecnologias avançadas de gerenciamento, os veículos elétricos oferecem uma solução de mobilidade sustentável e duradoura.

Os produtos têm uma vida útil variável, mas, após algum tempo de uso, perdem suas características essenciais e devem ser descartados em centros de recebimento e separação para reaproveitamento ou reciclagem, reintegrando-os à cadeia produtiva (NOVAES, 2007).

A implantação da logística reversa permite que as empresas utilizem esse processo para recuperar resíduos pós-venda ou pós-consumo, realizando a coleta e o pré-tratamento para reintegração na cadeia produtiva, reduzindo custos de produção e minimizando o impacto ambiental do descarte irregular (DA SILVA SCHAUN et al., 2023).

No segundo semestre de 2022, o total de veículos elétricos no Brasil ultrapassou a marca simbólica de 100.000 unidades comercializadas. Já ao final de 2023, as vendas superaram 200.000 unidades, das quais cerca de 94.000 foram registradas somente ao longo desse ano.

Isso pode configurar um desafio socioambiental, pois, diante da tendência de crescimento da frota de VES no Brasil nos próximos anos, torna-se necessário considerar que haverá, também, um aumento significativo no volume de B-VEs. Essas baterias, uma vez usadas e inservíveis para essa finalidade, precisam seguir um fluxo adequado de logística reversa, que seja específico e eficiente para esse tipo de resíduo sólido (NETO et al, 2024).

A remanufatura tem como benefício técnico a redução do consumo de energia e das emissões do ciclo de vida. Já o benefício econômico é representado pela maximização do valor das baterias e pela economia de mais de 70% do respectivo custo para substituí-las.

Já o reaproveitamento das baterias tem como benefício técnico a extensão da vida útil da bateria, além de sua respectiva primeira utilização. O benefício econômico é representado pela maior extração de maior valor do uso das baterias. (STEWARS et al,2019) afirmam que alguns países da Europa que adotaram o procedimento de reaproveitamento a fim de privilegiar a economia circular do setor, obtiveram um ganho de cerca de 30% na transição de frota; O benefício da reciclagem é representado pela capacidade de acomodar os mais diversos modelos de baterias com distintas capacidades nominais que, dessa forma, passam a fazer parte da economia circular do setor. O Brasil possui apenas duas empresas no setor legalmente em funcionamento, parcerias poderiam ser estimuladas, como no caso da empresa Tupy-Tech, que aproveitou a parceria com a BMW e o governo para desenvolver um polo de reciclagem (NETO et al, 2024).

3.3 ESTUDO DE CASO

3.3.1 Caracterização da empresa

Empresa localizada na Rua Moacyr Ozeas Guitti, 36, Jd. Ibiti do Paço, Sorocaba/SP, onde os entrevistados Jessica Brunetti, Gerente de Logística e Rafael Tavares Gerente de Frotas, nos forneceram informações de viabilidade da frota elétrica dentro da cidade de Sorocaba/SP.

3.3.2 Estudando a empresa: Mercado Livre – CD Sorocaba, SP

As entrevistas realizadas com profissionais da área logística do Centro de Distribuição do Mercado Livre localizado em Sorocaba/SP, permitiram compreender como a eletrificação de frotas vem sendo analisada dentro das operações modernas de transporte e distribuição. A partir das informações obtidas, foi possível identificar fatores operacionais, financeiros e estratégicos que influenciam diretamente a adoção de veículos elétricos no setor logístico. Atualmente, a operação logística da unidade utiliza uma frota composta principalmente por vans, veículos utilitários e caminhões de pequeno porte destinados às entregas urbanas, transferências entre centros logísticos e coletas de mercadorias em parceiros comerciais. A maior parte dessas operações ocorre em trajetos urbanos e regionais com distâncias relativamente previsíveis,

característica considerada positiva para a utilização de veículos elétricos, principalmente nas atividades de última milha.

Os dados levantados indicam que boa parte dos veículos percorre trajetos diários compatíveis com a autonomia oferecida pelos modelos elétricos disponíveis atualmente. Além disso, a maioria da frota retorna ao centro de distribuição ao final do expediente, permitindo que a recarga seja realizada durante o período noturno, sem comprometer o funcionamento das operações. Esse fator reduz uma das principais preocupações relacionadas à implementação da tecnologia elétrica no transporte logístico.

Outro aspecto relevante observado nas entrevistas refere-se aos custos operacionais da frota convencional. Os gestores destacaram que despesas com combustível, manutenção preventiva e corretiva representam uma parcela significativa dos gastos logísticos mensais. Nesse sentido, a substituição gradual de veículos movidos a combustão por modelos elétricos pode contribuir para redução de custos ao longo do tempo, principalmente devido à menor quantidade de componentes mecânicos sujeitos a desgaste e à diminuição do consumo de combustíveis fósseis.

Em relação à infraestrutura, verificou-se que o centro de distribuição possui condições iniciais para receber pontos de recarga elétrica, embora sejam necessárias adaptações na rede elétrica interna para suportar uma operação em maior escala. O planejamento considera a instalação de carregadores lentos para utilização durante a madrugada e equipamentos de recarga rápida destinados a situações emergenciais ou operações mais intensas. Também foi mencionado o interesse na utilização de energia solar fotovoltaica como forma de reduzir os custos energéticos e fortalecer as ações sustentáveis da companhia.

Apesar das vantagens identificadas, os entrevistados ressaltaram alguns desafios importantes para a transição energética da frota. Entre os principais pontos citados estão o elevado investimento inicial, a limitação da infraestrutura pública de carregamento, o tempo necessário para recarga das baterias e a necessidade de capacitação técnica dos profissionais envolvidos na operação. Além disso, ainda existe certa insegurança por parte dos motoristas em relação

à autonomia dos veículos elétricos, especialmente em situações de imprevistos operacionais ou rotas mais extensas.

No aspecto financeiro, os gestores afirmaram que a eletrificação da frota deve ocorrer de forma gradual, permitindo testes operacionais e análise dos resultados antes de uma ampliação em larga escala. O modelo de locação e leasing aparece como uma alternativa interessante por reduzir riscos ligados à rápida evolução tecnológica dos veículos elétricos e das baterias. As estimativas apresentadas apontam um retorno do investimento entre médio e longo prazo, principalmente em razão da economia operacional e da redução dos custos de manutenção.

As entrevistas também demonstraram que a adoção de veículos elétricos está alinhada às práticas ESG e às metas corporativas de sustentabilidade. A redução da emissão de gases poluentes, a busca por operações mais eficientes e o fortalecimento da imagem ambiental da empresa são fatores considerados estratégicos dentro do planejamento logístico atual.

Dessa maneira, conclui-se que a eletrificação da frota logística apresenta potencial de viabilidade para operações urbanas e regionais, especialmente em centros de distribuição com rotinas bem estruturadas e trajetos previsíveis. Embora existam desafios relacionados à infraestrutura, adaptação operacional e investimentos iniciais, os benefícios ambientais, econômicos e estratégicos indicam que a tendência de utilização de veículos elétricos no setor logístico deve crescer progressivamente nos próximos anos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eletrificação da logística no Brasil é um caminho inevitável, impulsionado por demandas ambientais, econômicas e tecnológicas. Os veículos elétricos já demonstram vantagens claras, especialmente nas operações urbanas, como redução de custos operacionais, menor impacto ambiental e maior eficiência. Entretanto, essa transição ainda enfrenta desafios importantes, como o alto custo de aquisição, a limitação da infraestrutura de recarga e questões relacionadas à autonomia e adaptação operacional. Esses fatores fazem com que a adoção ocorra de forma gradual e ainda concentrada em nichos específicos.

Dessa forma, o avanço da mobilidade elétrica no setor logístico dependerá de investimentos em infraestrutura, incentivos governamentais, evolução tecnológica das baterias e maior integração com práticas sustentáveis, como a logística reversa. Com isso, espera-se que, nos próximos anos, os veículos elétricos assumam um papel cada vez mais relevante na construção de uma logística mais eficiente e sustentável no Brasil, dessa forma, este trabalho de pesquisa demonstrou que a eletrificação das frotas logísticas representa uma tendência crescente no Brasil, especialmente em operações urbanas e de última milha. Apesar dos desafios estruturais e financeiros, os benefícios econômicos, ambientais e estratégicos indicam que os veículos elétricos terão participação cada vez maior no setor logístico nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, L. G. de O., & Santos, A. A. dos. (2025). Mobilidade no Brasil: os veículos elétricos têm futuro no país? CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES, 18(12), e22916.

Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE). Entrada de novas montadoras no país. Disponível em: <http://www.abve.org.br/phev-crescem-e-mudam-mercado-de-eletrificados/>. Acesso em: 18 maio. 2024.

DA SILVA SCHAUN, F.; BIEGELMEYER, U. H.; FIDELIS, A. C. F.; FERNANDES, A. M.; CAMARGO, M. E. Responsabilidade compartilhada: o papel do consumidor no descarte de resíduos sólidos pós consumo. Journal on Innovation and Sustainability RISUS, v. 14, n. 2, p. 106, 2023.

NOVAES, A. G. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

VAZ, L. F. et al. Sugestões de políticas públicas para o segmento. In: BNDES SETORIAL (Coord.). Veículos híbridos e elétricos. Rio de Janeiro: 2015, v. 41, p. 295-344.

WANG, M.; THOBEN, K. Sustainable urban freight transport: analysis of factors affecting the employment of electric commercial vehicles. In: INTERNATIONAL CONFERENCE LDIC, 5, 2017, Bremen. Proceedings...Bremen: ZYK, 2017. p. 255-265.

APÊNDICES

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO 1

Entrevistada: Jéssica Brunetti

Cargo: Gerente de Logística

Empresa: Mercado Livre – CD Sorocaba/SP

I. Panorama Atual da Frota

1. Qual é o tamanho atual da frota?

Atualmente, a operação do CD de Sorocaba trabalha com uma frota terceirizada composta por aproximadamente **120 veículos**, distribuídos em:

Veículos leves (vans e utilitários): ~70%

Veículos comerciais leves (VUC): ~20%

Veículos médios/pesados: ~10%

2. Qual é a média de quilometragem diária por veículo?

A média varia entre **80 km e 180 km por dia**, com predominância de rotas urbanas e periurbanas, o que é bastante favorável para veículos elétricos.

3. Qual é a idade média da frota atual?

A idade média está entre **2 e 4 anos**, o que indica uma frota relativamente nova e eficiente em termos de manutenção.

4. Qual é o custo médio mensal de combustível e manutenção por veículo?

Combustível: entre **R\$ 3.000 a R\$ 5.500/mês** por veículo, Manutenção: entre **R\$ 800 a R\$ 1.500/mês**

5. Quais são as principais atividades da frota?

Entregas de última milha (last mile), Transferência entre hubs logísticos, Coletas em vendedores parceiros

II. Viabilidade Operacional e Autonomia

1. Os veículos retornam à base no mesmo dia?

Sim, cerca de **90% da frota retorna ao CD no mesmo dia**, o que facilita a recarga noturna.

2. Existe tempo de inatividade suficiente para recarga?

Sim. Os veículos ficam parados em média **8 a 10 horas por noite**, suficiente para recarga em carregadores AC.

3. Qual é a carga máxima transportada regularmente?

Vans: até **1.200 kg** VUC: até **3.000 kg**

O impacto do peso das baterias é considerado, mas não compromete significativamente as operações atuais.

4. Os veículos enfrentam rotas com alto consumo de energia?

Sim, especialmente em: Regiões com relevo acidentado, Trânsito urbano intenso, Mesmo assim, o perfil urbano favorece regeneração de energia (frenagem regenerativa).

5. Quais são as preocupações com autonomia?

Ansiedade de autonomia” ainda existe entre motoristas, Preocupação com rotas mais longas ou imprevistos, Dependência de infraestrutura pública ainda limitada

III. Infraestrutura de Recarga

1. A base possui energia elétrica disponível?

Sim, porém seria necessária **adequação da infraestrutura elétrica** para suportar múltiplos carregadores simultâneos.

2. Onde serão instalados os pontos de recarga?

Estacionamento interno do CD, Áreas exclusivas para frota elétrica, Possível expansão para hubs secundários

3. Qual a potência de recarga necessária?

Carregadores AC (lentos) para uso noturno, Carregadores DC (rápidos) para contingência operacional

4. Há interesse em energia solar?

Sim. Existe interesse estratégico na implementação de **energia fotovoltaica**, visando redução do custo operacional (TCO) e alinhamento com metas ESG.

IV. Viabilidade Financeira e Estratégica (TCO)

1. Qual é o orçamento disponível?

O investimento inicial é significativo, porém viável dentro de projetos estratégicos, com foco em médio e longo prazo.

2. Qual o prazo esperado para payback?

Estimado entre **3 a 5 anos**, considerando: Economia de combustível, Redução de manutenção, Incentivos fiscais

3. Modelo de aquisição preferencial?

Preferência por **locação (leasing)**, devido a:

Redução de risco tecnológico, Flexibilidade operacional, Mitigação da depreciação das baterias

4. A empresa possui metas ESG?

Sim. O Mercado Livre possui metas claras de: Redução de emissões de CO₂, Ampliação da frota elétrica, Operações mais sustentáveis

V. Manutenção, Treinamento e Riscos

1. Quem fará a manutenção dos veículos elétricos?

A manutenção será realizada por **parceiros especializados**, com suporte dos fabricantes.

2. Existe treinamento para motoristas?

Sim, com foco em: Direção econômica, Uso eficiente da bateria, Procedimentos de recarga

3. Como será avaliada a saúde das baterias?

Monitoramento via telemetria, Relatórios periódicos de desempenho, Acompanhamento de degradação ao longo do tempo

4. Quais são os principais desafios da migração?

Alto investimento inicial, Infraestrutura de recarga limitada, Gestão de autonomia, Capacitação da equipe; dependência de fornecedores especializados

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO 2

Entrevistada: Rafael Tavares

Cargo: Gerente de Frota

Empresa: Mercado Livre – CD Sorocaba/SP

I. Panorama Atual da Frota

1. Qual é o tamanho atual da frota?

Atualmente, a operação logística vinculada ao CD de Sorocaba trabalha com uma frota composta por veículos leves, utilitários e caminhões de pequeno e médio porte. A maior parte da operação é realizada por vans e VUCs destinados às entregas urbanas e regionais, totalizando aproximadamente 140 veículos entre próprios e agregados logísticos.

2. Qual é a média de quilometragem diária por veículo?

A média diária varia conforme o tipo de rota. Nas entregas urbanas, os veículos percorrem entre 90 e 160 quilômetros por dia. Já nas rotas intermunicipais, alguns veículos ultrapassam 220 quilômetros diários. O perfil operacional possui previsibilidade relativamente alta, o que favorece estudos relacionados ao uso de veículos elétricos.

3. Qual é a idade média da frota atual?

A frota possui idade média entre três e cinco anos. A empresa busca manter veículos mais novos devido à confiabilidade operacional e à redução de custos corretivos, embora isso torne a comparação financeira com veículos elétricos mais criteriosa em relação ao retorno do investimento.

4. Qual é o custo médio mensal de combustível e manutenção por veículo?

Os custos variam conforme categoria e utilização, mas atualmente o combustível representa a maior despesa operacional. Em média, cada veículo apresenta um custo mensal entre R\$ 4.000 e R\$ 7.000 considerando abastecimento, manutenção preventiva, pneus e eventuais reparos mecânicos.

5. Quais são as principais atividades da frota?

A frota atua principalmente em operações de last mile, abastecimento de hubs regionais, coleta de mercadorias de vendedores parceiros e distribuição urbana de encomendas com alta frequência de paradas.

II. Viabilidade Operacional e Autonomia

1. Os veículos retornam à base no mesmo dia?

Grande parte dos veículos retorna ao centro de distribuição ao final do turno. Isso facilita uma possível estratégia de recarga noturna, especialmente para veículos utilizados em rotas urbanas fixas.

2. Existe tempo de inatividade suficiente para recarga?

Sim. Em períodos noturnos os veículos permanecem estacionados por tempo suficiente para recarga lenta em corrente alternada (AC), permitindo aproveitar horários de menor custo energético.

3. Qual é a carga máxima transportada regularmente?

As operações variam bastante conforme a demanda logística. Em veículos leves, a média fica entre 600 kg e 1 tonelada. Já os VUCs podem operar com cargas superiores a 2 toneladas. O impacto do peso das baterias ainda é um ponto analisado nos estudos de viabilidade.

4. Os veículos enfrentam rotas com alto consumo de energia?

Sim. Algumas regiões possuem trânsito intenso, aclives e grande número de frenagens e retomadas, aumentando o consumo energético. Porém, no caso dos veículos elétricos, a frenagem regenerativa pode ajudar parcialmente na eficiência operacional.

5. Quais são as preocupações com “ansiedade de autonomia” dos motoristas?

Existe preocupação principalmente em relação a imprevistos operacionais, desvios de rota e ausência de infraestrutura pública de carregamento em determinadas regiões. Além disso, parte dos motoristas ainda possui pouca familiaridade com a tecnologia elétrica.

III. Infraestrutura de Recarga

1. A base operacional possui energia elétrica disponível para instalação de carregadores?

O CD possui estrutura elétrica compatível para início de implantação, porém seriam necessárias adequações gradativas da rede interna para suportar uma operação em larga escala.

2. Onde serão instalados os pontos de recarga?

Os carregadores seriam instalados inicialmente nas áreas internas de estacionamento operacional e em setores destinados aos veículos que permanecem mais tempo parados durante a noite.

3. Qual a potência de recarga necessária?

O estudo considera dois cenários: utilização de carregadores lentos AC para recarga noturna e alguns pontos rápidos DC para situações emergenciais ou veículos com maior utilização diária.

4. Há interesse em instalar energia solar para alimentar a frota?

Sim. A geração fotovoltaica é vista como uma alternativa estratégica para redução do custo operacional de longo prazo, além de contribuir com as metas ambientais da companhia.

IV. Viabilidade Financeira e Estratégica (TCO – Total Cost of Ownership)

1. Qual é o orçamento disponível para o investimento inicial?

O investimento inicial para eletrificação é elevado, principalmente devido ao custo de aquisição dos veículos e da infraestrutura elétrica. Por isso, a análise financeira é realizada de forma gradual e por etapas piloto.

2. Qual o prazo esperado para o payback?

As projeções indicam um retorno estimado entre quatro e seis anos, dependendo da escala da operação, custo energético, incentivos fiscais e redução de despesas de manutenção.

3. O modelo de aquisição preferencial seria compra ou locação?

Atualmente existe maior interesse em modelos de locação operacional e leasing, pois reduzem riscos relacionados à depreciação tecnológica e à vida útil das baterias.

4. A empresa possui metas ESG de redução de emissões?

Sim. A redução de emissões de carbono faz parte das diretrizes estratégicas da empresa, especialmente nas áreas de transporte e logística sustentável.

V. Manutenção, Treinamento e Riscos

1. Quem fará a manutenção dos veículos elétricos?

A tendência inicial é utilizar empresas e concessionárias especializadas, enquanto a equipe interna passa por capacitação técnica gradual.

2. Existe treinamento planejado para motoristas?

Sim. Os treinamentos incluem direção econômica, utilização correta dos sistemas regenerativos, práticas de recarga e cuidados operacionais específicos dos veículos elétricos.

3. Como a empresa avaliará a saúde das baterias ao longo do tempo?

A gestão será realizada por meio de telemetria, indicadores de desempenho, monitoramento de ciclos de recarga e acompanhamento da perda gradual de capacidade das baterias.

4. Quais são os principais desafios percebidos na migração?

Os principais desafios identificados são:

- Alto custo inicial de implantação
- Infraestrutura pública limitada
- Tempo de recarga
- Adaptação operacional
- Capacitação técnica da equipe
- Disponibilidade de assistência especializada

Considerações Finais

Segundo Rafael Tavares, a eletrificação da frota representa uma tendência inevitável dentro da logística moderna. Apesar dos desafios financeiros e estruturais, a adoção gradual de veículos elétricos pode gerar ganhos importantes em sustentabilidade, redução de custos operacionais e fortalecimento das práticas ESG no setor logístico.