

Mobilidade elétrica

Por Márcio Almeida Có e Flávia L. Consoni*

Capítulo VIII

Frotas públicas de veículos elétricos leves: lições aprendidas com a experiência da Guarda Civil Municipal da Cidade de São José dos Campos

1 - INTRODUÇÃO

Este artigo descreve o processo de implantação pioneiro da frota eletrificada de viaturas da Guarda Civil Municipal (GCM) da cidade de São José dos Campos (SJC), no estado de São Paulo, que esteve em operação por cinco anos, entre 2018 a 2023. Ao abordar esta iniciativa, o artigo apresenta as motivações para a adoção de frotas eletrificadas na segurança pública da cidade, as principais barreiras, o modelo de negócio implantado, os custos operacionais e um conjunto de recomendações que podem ser úteis para promover a eletrificação de outras frotas no serviço público.

Frotas utilizadas em serviços de fiscalização e segurança pública, serviços de logística, de transporte executivo ou cooperativas de taxis apresentam uso intenso, podem compartilhar a mesma infraestrutura de recarga e, em geral, são geridas por profissionais com melhor compreensão dos custos operacionais e de manutenção. Nessas condições, a opção da frota de veículos elétricos (VE) tende a reduzir o custo total de propriedade (TCO), tornando-se uma solução viável economicamente (Sierzchula, 2014).

Entre as principais barreiras de adoção dos VEs estão os custos de aquisição, a existência de infraestrutura de recarga, bem como as barreiras ditas leves, relacionadas a um conjunto de incertezas e lacunas de conhecimento sobre a tecnologia, ou percepções errôneas que reduzem a confiabilidade e aceitação desses veículos (Kester et al., 2018; LaMonaca & Ryan, 2022; Singh et al., 2021; Vuichard, 2021). Ainda que as barreiras leves demandem muito menos recursos para serem superadas do que aquelas ligadas aos investimentos com os veículos e a infraestrutura de recarga (Biresselioglu et al., 2018; Vuichard, 2021), elas são extremamente relevantes para avançar no sucesso destas iniciativas. Por tais razões, o foco desse estudo está na redução das resistências e na construção

de uma base de conhecimento que possa guiar o processo de implantação de frotas corporativas de VEs leves, haja vista a baixa adoção de frotas eletrificadas no setor público brasileiro.

Em termos metodológicos, entre janeiro e março de 2023, foram realizadas diversas entrevistas semiestruturadas com os gestores envolvidos na eletrificação da frota da Guarda Civil, tanto ligados ao serviço público, quanto vinculados ao operador contratado. Também foram conduzidas entrevistas com os condutores das viaturas e visitas às instalações. Além disso, informações sobre o contrato, especificações dos veículos e dos carregadores, e os custos da eletricidade e da gasolina foram levantados para que o estudo de caso possa ser descrito em detalhes.



Foto: Claudio Vieira, PMSJC

2 - DESCRIÇÃO DO CASO

São José dos Campos é uma cidade com aproximadamente 740 mil habitantes, situada a aproximadamente 80km da capital paulista, considerada um importante centro metalúrgico, militar e da

indústria aeroespacial. A cidade abriga o ITA (Instituto Tecnológico da Aeronáutica), o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o PIT (Parque de Inovação Tecnológica), centros de pesquisa e de desenvolvimento financiados pelo poder público. Além disso, em 2022, a cidade foi certificada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como a primeira cidade inteligente do Brasil.

Em relação a mobilidade elétrica, São José dos Campos também foi pioneira, dando um passo importante para o processo de descarbonização do transporte, com a lei municipal 9684/2018, que estabeleceu uma política municipal de incentivo ao uso de veículos elétricos e híbridos. Depois disso, a cidade implantou, em 2018, a primeira frota eletrificada de veículos para GCM. Em 2022, iniciou a operação da Linha Verde, com 12 Veículos Leves Sobre Pneus (VLPs) 100% elétricos, com capacidade para 161 passageiros, interligando regiões com grande adensamento populacional. E, em 2023, abriu edital (Nº 267/2023) para locação de 400 ônibus elétricos para operação do serviço de transporte coletivo da cidade.

Implantação – Características da atividade e principais barreiras

A GCM tem por objetivo apoiar e integrar operações de fiscalização e ordenamento urbano, coibindo atos de vandalismo, zelando pela estética urbana e promovendo a segurança dos bens públicos. Opera com dois tipos de equipes nesse trabalho que, em 2018, iniciaram o

compartilhamento de 30 viaturas elétricas. A equipe operacional realiza o trabalho de patrulhamento preventivo para proteger as instalações públicas municipais, enquanto a equipe especializada trabalha atendendo as ocorrências de incidentes e atendimento de apoio policial quando demandada. O patrulhamento ocorre com as viaturas se movimentando em velocidades menores, enquanto o apoio e o atendimento a ocorrências demandam altas velocidades no deslocamento. Cada grupo trabalha em uma escala de 12 horas por dia, percorrendo em torno de 150km por turno, ou seja, as viaturas operam 24h por dia, sem alocação dos veículos para agentes pré-determinados, percorrendo até 300km por dia.

A gestão municipal encontrou duas barreiras principais no processo de implantação da frota eletrificada. A barreira burocrática do processo de contratação do serviço de locação das viaturas, pois se tratava de um novo modelo de negócio de fornecimento de serviço ao invés da aquisição do bem, que trouxe demandas diferenciadas na instrução do processo de contratação. E, a resistência dos usuários em trabalhar com uma tecnologia desconhecida, neste caso, com a viatura elétrica; este desconhecimento trazia uma série de dúvidas quanto ao seu uso. As incertezas expressas pelos usuários estavam relacionadas principalmente a autonomia do veículo e a segurança no uso dos sistemas de frenagem.

Operação – usos e percepções dos operadores da frota e usuários

A frota contratada foi equipada com 30 veículos elétricos do

Excelência em Transformadores

IRRIGAÇÃO
ENERGIA FOTOVOLTAICA
ENERGIA ELÉTRICA
INDÚSTRIA
MANUTENÇÃO

MINUZZI®

www.minuzzi.ind.br



tipo sedan, marca BYD, modelo E5, importados da China, com motores de 160kW de potência, bateria de 47,5kWh que garantiam autonomia de 300km. Doze carregadores de corrente alternada, trifásico, de 40kW e conectores tipo CCS2, sem telemetria ou controle de conexão, foram instalados em pontos estratégicos da cidade, tais como os pontos de apoio da guarda e algumas instalações públicas (praças, hospitais e escolas). O grande desafio para o operador de mobilidade contratado foi manter a máxima disponibilidade dos veículos para uso em suas atividades fim, reduzindo o tempo necessário para manutenções preventivas e corretivas, pois os veículos demandavam peças importadas e operavam, algumas vezes, em condições extremas.

A recarga das baterias ocorria ao longo dos turnos de trabalho entre uma e três vezes, dependendo da equipe, dos deslocamentos e da carga inicial das baterias no início do turno. Durante o processo de recarga, a presença das viaturas e dos guardas municipais nos espaços públicos colaborava com a ação preventiva de segurança pública contribuindo para a missão da guarda. Esses intervalos de recarregamento das baterias também eram utilizados pelas equipes para alimentação e preenchimento de dados em sistema de monitoramento de ocorrências.

Os agentes da equipe especializada relataram dificuldades em relação à autonomia, dada as características de seus deslocamentos, de natureza imprevisível quanto ao momento e a distância a ser percorrida, em geral demandando altas velocidades, o que aumenta o consumo de energia. Para a equipe operacional, o consumo de energia das baterias é menor, portanto, os veículos e as condições de recarga estão ajustados a esta condição de uso.

Durante as entrevistas, os agentes foram estimulados a apontar os pontos fortes e pontos fracos das viaturas elétricas contratadas. A autonomia, que demanda algumas recargas por turno de trabalho; o processo de frenagem, que difere da prática do uso do freio motor comumente usados por policiais em viaturas a combustão; a altura do solo da viatura que requer do agente maior cuidado ao trafegar por pisos irregulares; o peso do veículo associado às demandas de altas velocidades que traziam dúvidas quanto à estabilidade nas

curvas; e o maior desgaste dos pneus foram apontados como pontos fracos dos veículos elétricos contratados. A performance, expressa pelo torque, aceleração e velocidade; o conforto de um veículo automático e com baixo nível de ruído; a robustez do veículo que não demanda manutenção frequente e a economia de combustível foram os pontos positivos destacados pelos usuários.

Incertezas, pontos fortes, e pontos fracos destacados pelos usuários estão sumarizados na Tabela 1.

Economia estimada com a substituição da energia para tração

Para realizar as análises da economia de recursos financeiros com a substituição do combustível fóssil pela eletricidade, foram levantados os preços da gasolina comum e da energia elétrica na cidade de São José dos Campos no período de 2018 a 2022. A Figura 1(a) mostra o preço médio do litro de gasolina comum praticada a cada mês, segundo a Agência Nacional do Petróleo (ANP). A Figura 1(b) mostra o preço do kWh de energia elétrica, considerando a categoria de consumidor B3 (poder público, baixa tensão), incluindo também a bandeira tarifária vigente a cada mês, representada pelas diferentes cores que vai de verde (sem acréscimo na tarifa) ao lilás (escassez hídrica, com maior incremento na tarifa).

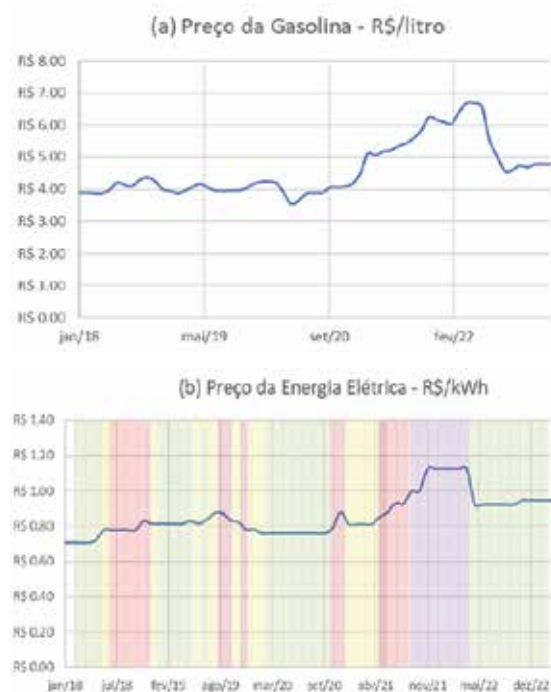


Figura 1 - Preço médio da energia para tração dos veículos na cidade de SJC entre 2018 e 2022.

a) gasolina, Fonte: ANP.

b) eletricidade para consumidor do setor público em baixa tensão, Fonte: ANEEL.

TABELA 1 - INCERTEZAS, PONTOS FORTES E PONTOS FRACOS DESTACADOS PELOS USUÁRIOS DAS VIATURAS ELÉTRICAS.

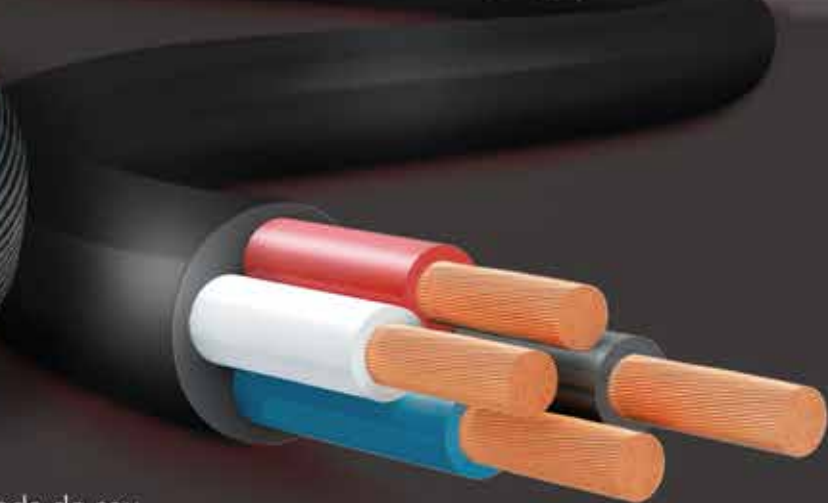
<i>Incertezas</i>	<i>Pontos fracos</i>	<i>Pontos fortes</i>
Autonomia	Autonomia	Torque e velocidade
Sistema de frenagem	Sistema de frenagem	Baixo ruído
	Altura do assoalho ao solo	Conforto
	Desgaste dos pneus	Robustez
	Estabilidade nas curvas	Economia

Para calcular a economia estimada com a substituição do combustível fóssil por eletricidade, além da distância média percorrida por cada viatura de 250 km/dia, foi considerado também a eficiência

sil.com.br

**SIL, CONECTADA
COM PEQUENAS
E GRANDES
OBRAS.**

CABO FLEXÍVEL SILNAX 0,6/1 kV HEPR 90 °C Δ



Pensou nos cabos grossos para o padrão de entrada do seu projeto, use os **Cabos Flexíveis Silnax 0,6/1 kV HEPR 90°C**, que podem ser utilizados em todos os métodos de instalações descritos da tabela 33 - Tipos de Linhas Elétricas, da norma NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

SIL, energia e proteção de qualidade.



SIL ESTÁ NA REDE!
SIGA-NOS

Sil

Conectada com o futuro.

declarada de 6,32 km/kWh do elétrico BYD E5 em comparação aos 8,7km/l de um GM Vectra 2.0, à combustão. A Figura 2 mostra os resultados estimados de economia mês a mês (a), e na forma acumulada (b), considerando a implantação no início do ano.

É possível observar as variações tanto no preço da gasolina quanto no preço da eletricidade ao longo dos últimos cinco anos. O preço do kWh sofreu influência das condições hídricas do Brasil, passando por longo período de escassez e alta de preços em 2021, e o valor do combustível fóssil esteve atrelada à política adotada de paridade internacional. Fato é que, o aumento no preço do litro da gasolina foi proporcionalmente maior que o da eletricidade nesse período, o que explica a economia estimada mensal crescendo de forma acentuada entre 2021 e 2022, fazendo com que economia estimada, acumulada ao fim de cinco anos, chegasse próxima de 6 milhões de reais, superior ao esperado pela gestão municipal.



Figura 2 - Cálculos econômicos estimados: a) mês a mês; b) acumulado (R\$).

3 - LIÇÕES APRENDIDAS

Com o aprendizado baseado na exploração do caso real foi possível estabelecer um conjunto de recomendações que o município de São José dos Campos utilizou no processo de eletrificação da frota e buscou aprimorar em sua nova contratação, quando da renovação do contrato dos veículos que equipam a GCM. Essas orientações são apresentadas de forma sistematizada, e podem ser aplicadas para novos processos de implantação de frotas corporativas públicas. A primeira recomendação, relativa ao modelo de negócios, é de avaliar entre as alternativas a substituição da aquisição do veículo pela contratação do serviço

de mobilidade, que tende a aumentar a disponibilidade dos recursos materiais e do servidor público no cumprimento de suas atividades finalísticas.

Para superar as barreiras burocráticas é recomendado construir, com antecedência, os estudos técnicos preliminares e o projeto básico contendo elementos necessários e suficientes, com adequado nível de precisão para caracterizar o objeto da licitação, e que considere:

- Estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental das alternativas de contratação;
- Estudos técnicos relativos à quantidade, especificação e posicionamento dos carregadores baseado em coleta de dados prévia de uso da frota;
- A necessidade de telemetria para veículos e carregadores para manter informações em tempo real da localização do veículo, o estado de carga das baterias e a disponibilidade dos carregadores;

Os cuidados na elaboração do projeto básico colaboram com o desafio de reduzir a indisponibilidade dos veículos. O órgão público contratante e o operador de mobilidade contratado devem considerar para a gestão da manutenção dos veículos as seguintes diretrizes:

- Privilegiar os planos de manutenção preventiva;
- Organizar estoques locais de peças que sofrem maior desgaste, no caso de veículos importados;
- Manter comunicação frequente e transparente com o gestor público, a oficina de manutenção e os usuários dos veículos para acompanhar as demandas de manutenção corretiva;

E, por fim, é fortemente recomendado, tanto para reduzir as resistências de uso, quanto as demandas de manutenção durante a operação, estabelecer um plano de treinamento com experimentação sobre o uso da tecnologia, que considere:

- Envolver todos os usuários;
- Enfatizar a autonomia, em particular as relações do consumo de energia com a velocidade e peso do veículo;
- Explorar o uso do sistema de frenagem regenerativa fazendo um contraponto com o uso do freio motor dos veículos à combustão; além da influência do peso e da velocidade na performance, estabilidade e desgastes de elementos da suspensão.

4 - DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A gestão empreendedora do município de São José dos Campos com foco em inovação e sustentabilidade cumpriu um papel importante nesse processo pioneiro de eletrificação

da frota da guarda municipal. O apoio e envolvimento da gestão apresentando soluções técnicas e administrativas para superação de barreiras burocráticas está em consonância com que Mazzucato (2014) aponta quando conclui que as principais inovações requerem tempo e paciência, e o estado deve tomar parcela dos riscos para criar mercado, em especial em tecnologias sustentáveis.

A principal motivação para a implantação da frota eletrificada nesse estudo está ligada às vantagens do pioneirismo. Esse fato está presente tanto para a gestão municipal que tratava de integrar elementos importantes para o desenvolvimento contínuo do conceito de cidade inteligente e resiliente quanto para o operador de mobilidade contratado que buscava fortalecer a tecnologia dos veículos elétricos no Brasil. O pioneirismo e os valores ambientais também foram encontrados nos estudos de (Bae et al., 2022; Sierzchula, 2014) como alavancadores do processo de implantação.

A transição energética da frota da GCM de SJC evitou as emissões de gases de efeito estufa em aproximadamente 2.000 tCO₂eq, e provou ser viável financeiramente, especialmente com as grandes distâncias diárias percorridas pela frota. Um estudo recente da (McKinsey & Company, 2023), no Brasil, mostrou que o custo total de propriedade de veículos elétricos leves utilizados de forma intensa (maior que 150 km diários) já é menor que o veículo à combustão equivalente.

O modelo de contrato que prevê a locação com gestão da manutenção dos veículos e da infraestrutura reduziu a indisponibilidade das viaturas em paradas para manutenção. O deslocamento rápido e silencioso das viaturas, a presença preventiva do policiamento das áreas públicas durante os períodos de recarga também contribuíram para as atividades de segurança. Questões técnicas relacionadas à altura do chassi ao solo e a autonomia precisam ser ajustadas para minimizar a influência do tipo de veículo e carregadores nas atividades da GCM.

Esse estudo estabeleceu um conjunto de recomendações que podem ser usadas para auxiliar outros processos de eletrificação de frotas no setor público cumprindo o objetivo de produzir conhecimento para a redução de barreiras de adoção. Entre as recomendações estão a construção de um projeto básico que considere requisitos técnicos ajustados à característica de uso da frota, seguido de um plano de treinamento que envolva todos os usuários com ênfase na influência do peso e da velocidade do veículo na autonomia, na frenagem e no desgaste de peças e, por fim, um plano de manutenção que considere ações preventivas, estoque local de peças importadas e gestão da comunicação entre usuários, gestores e oficina especializada.

A experiência da GCM permitiu que a municipalidade acumulasse conhecimento suficiente para melhorar os requisitos que foram incorporados ao novo processo de contratação

concluído no final do primeiro semestre de 2023, que manteve o interesse na manutenção de frotas eletrificadas. Aliás, houve a ampliação da frota elétrica de 30 para 38 viaturas com a instalação de 15 carregadores. Também verificou-se o aprimorando o modelo de negócio de locação das viaturas, refletido no edital que trouxe, entre outros destaques, o processo de treinamento dos usuários, ao uso de recursos digitais para gestão de informações da frota e dos carregadores, tais como relatórios de consumo por veículo e por estações de recarga, e diretrizes para a manutenção preventiva e corretiva garantindo a continuidade do serviço.

5 - REFERÊNCIAS

- Bae, Y., Mitra, S. K., Rindt, C. R., & Ritchie, S. G. (2022). Factors influencing alternative fuel adoption decisions in heavy-duty vehicle fleets. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103150>
- Bireselioglu, M. E., Demirbag Kaplan, M., & Yilmaz, B. K. (2018). Electric mobility in Europe: A comprehensive review of motivators and barriers in decision making processes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 109, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.01.017>
- Kester, J., Noel, L., Zarazua de Rubens, G., & Sovacool, B. K. (2018). Policy mechanisms to accelerate electric vehicle adoption: A qualitative review from the Nordic region. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 94, pp. 719–731). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.067>
- LaMonaca, S., & Ryan, L. (2022). The state of play in electric vehicle charging services – A review of infrastructure provision, players, and policies. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 154). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111733>
- Mazzucato, M. *The Entrepreneurial State – Debunking public vs. private sector myths*. ISBN 978-85-8285-003-9
- McKinsey & Company. (2023). O futuro da mobilidade no Brasil - uma rota para eletrificação. : <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/all-insights/o-futuro-da-mobilidade-no-brasil>
- Sierzchula, W. (2014). Factors influencing fleet manager adoption of electric vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 31, 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.022>
- Singh, V., Singh, V., & Vaibhav, S. (2021). Analysis of electric vehicle trends, development and policies in India. In *Case Studies on Transport Policy* (Vol. 9, Issue 3, pp. 1180–1197). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.06.006>
- Vuichard, P. (2021). Electrifying the company car: Identifying hard and soft barriers among fleet managers in Switzerland. *Energy Research and Social Science*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102098>

* Márcio Almeida C6 é professor titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes) e pesquisador associado do CPTen.

* Flávia Consoni é professora Livre Docente junto ao Programa de Pós Graduação em Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp. É coordenadora do LEVE – Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico, do curso de Extensão em Mobilidade Elétrica: Políticas, Planejamento e Oportunidades de Negócios oferecido pela Escola de Extensão da Unicamp, e coordenadora do eixo Política e Governança do Projeto CPTen -Centro de Transição Energética (Fapesp e Unicamp). Conduz e orienta pesquisas no tema da mobilidade de baixa emissão e coordena. fconsoni@unicamp.br