

Veículos Elétricos em São Paulo: Análise do Cenário Atual e Implicações para a Mobilidade Urbana Sustentável

ROBSON FRANCISCO DA SILVA

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE

LUIZ FERNANDO RODRIGUES PINTO

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE

HEIDY RODRIGUEZ RAMOS

PPG-CIS E PPGA/UNINOVE

Resumo

A preocupação crescente com as mudanças climáticas e a poluição atmosférica tem impulsionado a busca por soluções que reduzam emissões de gases poluentes em diversos setores, sendo o transporte um dos mais críticos. Apesar do crescimento significativo na adoção de veículos elétricos em São Paulo, a cidade continua a lidar com altos índices de poluição atmosférica que frequentemente ultrapassam os limites recomendados pela Organização Mundial da Saúde. Diante disso, surge a questão de pesquisa: Qual é o estado atual da adoção de veículos elétricos na cidade de São Paulo e quais são suas implicações para a mobilidade urbana sustentável? Então, o objetivo desta pesquisa foi analisar o cenário atual da adoção de veículos elétricos na cidade de São Paulo e as implicações para a mobilidade urbana sustentável. Este estudo é de natureza qualitativa e descritiva. A coleta de dados foi realizada por meio de uma revisão da literatura e de uma pesquisa documental, permitindo uma análise detalhada sobre a adoção de veículos elétricos na cidade. A contribuição deste estudo reside oferecer uma análise do estado atual da adoção de veículos elétricos em uma das maiores cidades do mundo, o que serve de base para o debate sobre a mobilidade urbana sustentável. O estudo fornece informações para formuladores de políticas públicas, empresas do setor automotivo, e outros stakeholders interessados em promover a transição para um transporte mais limpo e eficiente. As recomendações apresentadas ao final do estudo visam apoiar o desenvolvimento de estratégias que possam acelerar a adoção de veículos elétricos em São Paulo, melhorando assim a qualidade do ar e contribuindo para a sustentabilidade ambiental da cidade. Além disso, a pesquisa servirá como referência para outras metrópoles em países emergentes que enfrentam desafios semelhantes em termos de poluição e sustentabilidade no setor de transporte.

Palavras Chave

Veículos Elétricos, Mobilidade Sustentável, São Paulo

Agradecimento a órgão de fomento

Este trabalho foi financiado no Brasil pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), Bolsa de Produtividade em Pesquisa.

Veículos Elétricos em São Paulo: Análise do Cenário Atual e Implicações para a Mobilidade Urbana Sustentável

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação global com as mudanças climáticas e a poluição atmosférica tem catalisado um movimento intersetorial em busca da redução das emissões de gases poluentes. Neste contexto, a substituição de veículos a combustão interna por veículos elétricos (VE) emergiu como uma solução promissora, impulsionada por avanços nas tecnologias de baterias e pela crescente utilização de fontes de energia renováveis. Estes veículos, ao eliminar ou reduzir significativamente as emissões de poluentes, representam uma alternativa eficaz para mitigar os impactos ambientais negativos (RODRIGUES; SEIXAS, 2022; RUOSO; RIBEIRO, 2022).

O incremento de VE em cidades inteligentes é crucial para enfrentar desafios de sustentabilidade no setor de transporte, especialmente em países emergentes como o Brasil (ROSA et al., 2023). Sob uma perspectiva local, o estado de São Paulo lidera a adoção de VE a nível nacional. Em 2023, São Paulo registrou 9.937 unidades de VE, sendo 4.403 somente na capital (ABVE, 2024).

São Paulo, uma das maiores metrópoles do mundo e um dos principais motores econômicos do Brasil, possui uma frota de aproximadamente 8 milhões de veículos (DETRAN). Apesar de liderar o mercado de VE no país, a cidade enfrenta desafios significativos em termos de qualidade do ar. Em 2022, os índices de poluição atmosférica na cidade ultrapassaram os limites recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), conforme relatado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (IMEA, 2022).

Diante deste cenário, emerge a seguinte questão de pesquisa: Qual é o estado atual da adoção de VE na cidade? Para alcançar a resposta a questão levantada, este estudo tem como objetivo analisar o panorama atual da adoção de VE na cidade de São Paulo. A relevância deste estudo reside na necessidade urgente de compreender o papel de VE na mitigação da poluição atmosférica em grandes centros urbanos e no desenvolvimento de políticas públicas que incentivem a transição para um transporte mais sustentável.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Ao longo da história automotiva, VE enfrentaram diversas limitações em comparação aos veículos com motores a combustão interna. No entanto, com o aumento da preocupação ambiental, esses veículos têm ganhado destaque por serem considerados alternativas mais sustentáveis e limpas (BARBOSA DOS SANTOS et al., 2024). Eles surgem como uma solução promissora para mitigar ou até eliminar problemas relacionados à emissão de gases poluentes, já que funcionam parcial ou totalmente por eletricidade. Além disso, VE podem ser integrados a fontes de energia renováveis e intermitentes, como solar e eólica, por meio de tecnologias de rede elétrica (LUNA; VOLAN; VAZ, 2019).

VE são classificados em quatro principais categorias: (1) Carros Elétricos à Bateria (BEV), movidos exclusivamente por eletricidade armazenada em baterias de lítio, com autonomia relativamente limitada em comparação aos veículos a combustão, mas com emissão zero de carbono; (2) Híbridos, que combinam um motor a combustão interna com uma bateria para melhorar a eficiência energética; (3) Híbridos Plug-in (PHEV), que podem ser alimentados tanto por combustível fóssil quanto por eletricidade; e (4) Veículos a Hidrogênio (FCEV), que utilizam um motor elétrico alimentado por células

de combustível de hidrogênio (DELGADO et al., 2017). As diferenças entre os tipos de VE estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Tipos e características dos VE

Tipos de Veículos	Motor	Combustível	Tipo de Armazenamento Elétrico	Autonomia	Emissões
Veículo à combustão interna (VCI)	Motor à combustão interna	Fóssil ou biocombustível. Alto consumo de combustíveis e emissões de escape	Bateria que não depende de infraestrutura elétrica	Grande autonomia proporcionada pelo combustível fóssil/biocombustível	0,23 kg CO ₂ /Km
Veículo elétrico (plug in) híbrido (P)HEV	Motores à combustão interna e elétrico; sistema plug-in opcional.	Fóssil, biocombustível ou eletricidade.	Bateria carregada através do motor à combustão interna ou por eletricidade.	Pouca autonomia elétrica, complementada pela autonomia do combustível fóssil/biocombustível.	0,062 kg CO ₂ /km
Veículo elétrico com autonomia estendida (E-REV ou REX)	Motores à combustão interna e elétrico.	Eletricidade	Bateria é recarregada, e costuma ter uma bateria com menor capacidade do que o BEV.	Autonomia elétrica média, complementada pela autonomia do combustível fóssil/biocombustível.	0,060 kg CO ₂ /km
Veículo elétrico à bateria (BEV)	100% elétrico	Eletricidade	Bateria de íons de lítio com grande capacidade, recarregada por fonte externa elétrica.	Autonomia elétrica de pequena a média (comparada aos VCI).	Zero
Veículo elétrico à célula de combustível (FCEV)	Sistema de célula de combustível e motor elétrico.	Hidrogênio ou etanol.	Célula de combustível de hidrogênio; célula de combustível de etanol de óxido sólido (SOFC).	Autonomia elétrica de média a alta.	Zero

Fonte: Adaptado de Delgado et al. (2017)

Por outro lado, os veículos com motores a combustão interna (VCI) dependem exclusivamente de combustíveis fósseis como fonte de energia. Eles possuem maior autonomia, mas também geram emissões significativas de carbono. Em contrapartida, os BEV, totalmente elétricos, têm autonomia geralmente inferior, mas não produzem emissões diretas de carbono, utilizando eletricidade armazenada em baterias de lítio (DELGADO et al., 2017).

Outra categoria importante são os Veículos Elétricos com Autonomia Estendida (E-REV ou REX), que combinam baterias de lítio com motores a combustão e elétricos. Esses veículos são carregados principalmente por eletricidade e possuem baterias de menor capacidade que os BEV. No entanto, sua autonomia é estendida com o uso de

combustível fóssil, resultando em emissões de poluentes relativamente baixas, semelhantes às dos PHEV (DELGADO et al., 2017).

Os PHEV utilizam tanto um motor a combustão interna quanto um motor elétrico, podendo ser recarregados via plug-in. Eles operam com uma combinação de combustível fóssil e eletricidade, com armazenamento em baterias de lítio carregadas pelo motor a combustão. Embora a autonomia elétrica seja limitada, é complementada por combustível fóssil, resultando em baixas emissões de gases poluentes, similares às dos E-REX (DELGADO et al., 2017).

Por fim, os Veículos Elétricos a Célula de Combustível (FCEV) utilizam um sistema de célula de combustível e um motor elétrico. O hidrogênio ou etanol serve como principal fonte de combustível, armazenado em células de combustível baseadas em tecnologia PEM (Proton Exchange Membrane) ou células de combustível de óxido sólido (SOFC). Esses veículos oferecem uma autonomia média a alta (DELGADO et al., 2017).

3. METODOLOGIA

Este estudo é de natureza qualitativa e descritiva, com o objetivo de analisar o cenário atual da adoção de VE na cidade de São Paulo. Conforme Creswell (2014), a pesquisa qualitativa busca uma compreensão aprofundada e contextualizada de fenômenos humanos e sociais, explorando as experiências e percepções dos envolvidos. Neste caso, a coleta de dados foi realizada por meio de uma revisão da literatura e de uma pesquisa documental, permitindo uma análise detalhada sobre a adoção de VE na cidade.

4. RESULTADOS

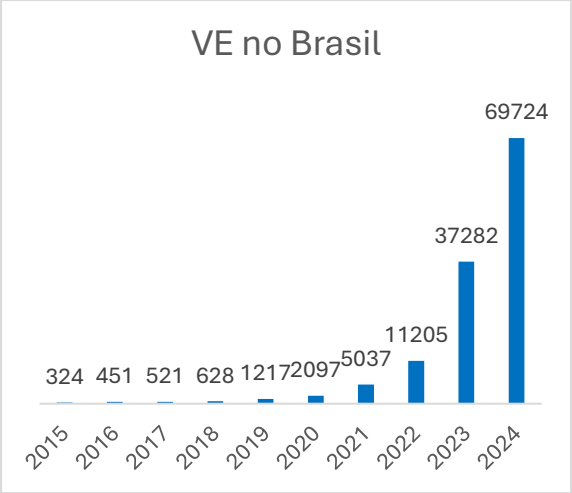
No Brasil, o processo de regulamentação para VE já está em andamento em algumas regiões. Um exemplo notável é a ilha de Fernando de Noronha, em Pernambuco, onde a Lei nº 16.810 de 2020 estabelece a proibição de novos veículos a combustão. A lei sancionada pelo governador determina que, a partir de 10 de agosto de 2023, a entrada de veículos a combustão no Distrito Estadual de Fernando de Noronha será proibida (DISTRITO ESTADUAL DE FERNANDO DE NORONHA, 2020).

Para atender à crescente demanda por VE, 47,1% dos VE vendidos no Brasil em 2023 foram importados da China, beneficiando-se das isenções fiscais concedidas pelo governo (NASCIMENTO, 2023). O Brasil licenciou mais de 2 milhões de veículos em 2023, dos quais mais de 94 mil eram eletrificados, sendo 74,6 mil veículos híbridos e 19,3 mil totalmente elétricos (ANFAVEA, 2023). O total acumulado de VE no país supera 340 mil emplacamentos de 2012 a 2024 (ABVE, 2024). As vendas de VE no Brasil têm se destacado por um crescimento significativo, conforme é mostrado no Gráfico 1.

Um estudo realizado pela consultoria italiana Gi Group Holding, em parceria com o Politécnico de Milão e a INTWIG Data Management, analisou as tendências de contratação na indústria automotiva brasileira durante a transição energética. O levantamento, que incluiu 11 países, revela uma demanda acima da média global por especialistas em carros elétricos, engenharia de software e ciência de dados, com base em uma amostra de 6,5 mil profissionais (AB, 2023).

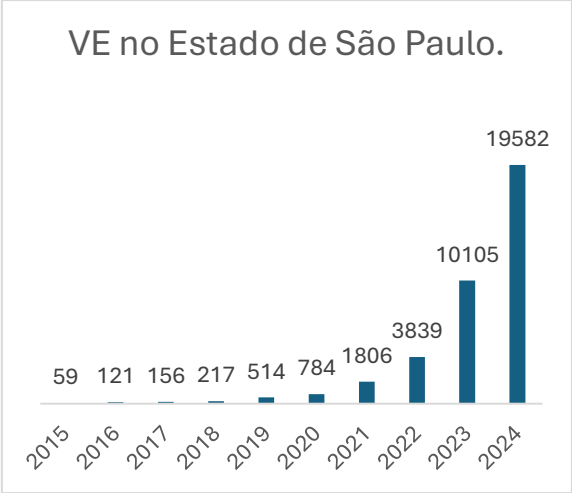
No estado de São Paulo, o crescimento das vendas de VE segue uma tendência similar à nacional. Até o final de 2023, foram vendidos 9.937 VE no estado, conforme ilustrado pelo Gráfico 2.

Gráfico 1 - Vendas de VE no Brasil



Fonte: Adaptado de DENATRAN (2024).

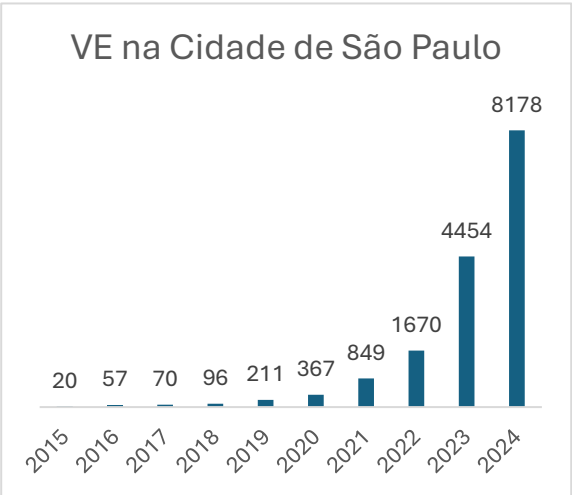
Gráfico 2 - VE no estado de São Paulo



Fonte: Adaptado de DENATRAN (2024).

Na cidade de São Paulo, foco deste estudo, também se observa um aumento nas vendas de VE. A quantidade de emplacamentos na cidade alcançou 4.403 VE até final de 2023, conforme é mostrado no Gráfico 3. A Tabela 1 apresenta o ranking de vendas de VE na cidade de São Paulo, destacando os 10 principais fabricantes em termos de vendas.

Gráfico 3 - VE na cidade de São Paulo



Fonte: Adaptado de DENATRAN (2024).

Tabela 1 - Vendas de VE na cidade de São Paulo por Fabricante.

	Fabricante	QTD
1º	BYD	921
2º	BMW	914
3º	VOLVO	704
4º	GWM	324
5º	JAC	227
6º	MINI	223
7º	AUDI	208
8º	PORSCHE	182
9º	CAOACHERY	138
10º	NISSAN	79

Fonte: Adaptado de DENATRAN (2024).

Com base nesse crescimento, a cidade de São Paulo atualmente conta com 110 postos de carregamento, incluindo 8 carregadores lentos e 3 ultrarrápidos. O primeiro posto 100% elétrico do Brasil foi inaugurado no final de 2022, e o país, como um todo, dispõe de 431 postos de carregamento para VE (GONÇALVES, 2024).

Apesar do crescimento exponencial das vendas de VE no Brasil, especialmente em São Paulo, as implicações para a mobilidade urbana sustentável são complexas devido à limitada quantidade de incentivos disponíveis. Embora o aumento na adoção de VE seja um sinal positivo para a transição para um transporte mais limpo, a falta de incentivos mais amplos e robustos pode dificultar a continuidade desse crescimento em larga escala. Sem políticas públicas mais agressivas, como subsídios adicionais, maior expansão da

infraestrutura de carregamento e incentivos fiscais mais amplos, a expansão dos VE pode enfrentar barreiras, comprometendo o potencial dessas tecnologias para realmente transformar a mobilidade urbana e reduzir as emissões de carbono de forma significativa. Assim, enquanto São Paulo dá passos importantes em direção à sustentabilidade no transporte, a falta de incentivos robustos pode limitar o impacto total dessas iniciativas e atrasar a adoção em massa necessária para alcançar uma mobilidade urbana verdadeiramente sustentável.

O panorama nacional de VE revela um crescimento robusto, com uma parcela significativa de VE importados e um aumento no número de veículos eletrificados licenciados. O Brasil, ao registrar mais de 2 milhões de veículos em 2023 e com uma parte considerável sendo eletrificados, está avançando para se posicionar como um mercado relevante para tecnologias sustentáveis. Esse crescimento é apoiado por incentivos fiscais e por um mercado em expansão.

No estado de São Paulo e na cidade de São Paulo, esse crescimento é ainda mais evidente. Com vendas que ultrapassaram 9.900 VE no estado e 4.400 na cidade até o final de 2023, a tendência de aumento nas vendas indica um mercado em crescimento e uma aceitação crescente dos consumidores. A presença de postos de carregamento e a inauguração do primeiro posto 100% elétrico no Brasil reforçam o compromisso da cidade com a infraestrutura necessária para suportar a transição para VE.

Portanto, para assegurar a continuidade do crescimento na adoção de VE, será crucial a combinação de políticas públicas eficazes, incentivos governamentais robustos e o contínuo desenvolvimento da infraestrutura de carregamento. O sucesso dessas iniciativas permitirá que o Brasil se estabeleça como um líder na implementação de tecnologias de transporte sustentáveis, além de contribuir significativamente para a redução das emissões de gases poluentes. Manter essas tendências não apenas impulsionará o avanço tecnológico e econômico do país, mas também fortalecerá seu compromisso com a preservação ambiental e a inovação no setor automotivo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo alcançou o seu objetivo ao analisar o panorama atual da adoção de VE na cidade de São Paulo, comparando-o ao contexto nacional. O estudo contribuiu para o entendimento do mercado de VE no país, destacando o crescimento exponencial de vendas, a importância dos incentivos fiscais e o papel fundamental da infraestrutura de carregamento na promoção da mobilidade urbana sustentável.

Entretanto, a pesquisa apresenta algumas limitações. A análise focou principalmente nos dados de vendas e infraestrutura, sem considerar em profundidade outros fatores que podem influenciar a adoção de VE, como as políticas ambientais em evolução, o comportamento dos consumidores, e as questões econômicas e sociais. Além disso, a pesquisa se limitou ao contexto de São Paulo e do Brasil, deixando de lado comparações mais amplas com outros países que poderiam enriquecer a compreensão do mercado global de VE.

Para trabalhos futuros, sugere-se uma análise mais abrangente que inclua estudos comparativos entre diferentes regiões e países, bem como a investigação de outros fatores determinantes na adoção de VE, como o impacto das políticas governamentais, o desenvolvimento tecnológico das baterias e a percepção dos consumidores em relação aos VE. Além disso, pesquisas que explorem as barreiras para a expansão da infraestrutura de carregamento e a viabilidade de novas tecnologias, como carregamento ultrarrápido e redes inteligentes, seriam valiosas para apoiar o crescimento sustentável desse mercado.

REFERÊNCIAS

- AB, R. **Brasil precisa de mais especialistas em carros elétricos**. Disponível em: <<http://automotivebusiness.com.br/pt/posts/setor-automotivo/brasil-precisa-mais-especialistas-carros-eletricos/>>. Acesso em: 13 jun. 2024.
- ABVE. **BEVs lideram vendas pelo terceiro mês seguido**. ABVE, 5 mar. 2024. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/pelo-3o-mes-seguido-veiculos-100-eletricos-lideram-vendas-de-eletrificados-no-brasil/>>. Acesso em: 12 maio. 2024
- ANFAVEA. **ANUARIO-ANFAVEA-2023.pdf**. , 2023. Disponível em: <<https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2023/04/ANUARIO-ANFAVEA-2023.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2023
- BARBOSA DOS SANTOS, M. F. et al. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS: Uma Perspectiva a Partir das Patentes de Sistemas de Armazenamento de Energia. **P2P E INOVAÇÃO**, v. 10, n. 2, 23 fev. 2024.
- CRESWELL, J. W. **Research Design_ Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Approaches**. 4ª ed. [s.l.] SAGE Publications, Inc, 2014.
- DELGADO, F. et al. Carros Elétricos. **Carros Elétricos**, 2017.
- DENATRAN. **Power BI Report**. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMzQzNTYxZmMtNmZlNy00YzA5LTk1ODctN2Y4Mz00YzQ3MGE4IiwidCI6IjFIZjViNjViLTkxYjktNGVjMS1iNmU0LTc3YTA1MzcxNTk1MyJ9>>. Acesso em: 31 ago. 2024.
- DETRAN. **Portal Detran**. Disponível em: <<https://detran.sp.gov.br>>. Acesso em: 31 ago. 2024.
- IMEA. **Cidade de São Paulo tem poluição do ar acima do recomendado pela OMS nos últimos 22 anos**. Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA), 26 maio 2022. Disponível em: <<https://energiaeambiente.org.br/cidade-de-sao-paulo-tem-poluicao-do-ar-acima-do-recomendado-pela-oms-nos-ultimos-22-anos-20220526>>. Acesso em: 21 abr. 2024
- LUNA, T. F.; VOLAN, T.; VAZ, C. R. Barreiras à difusão de carros elétricos no mundo e a situação no Brasil. 2019.
- NASCIMENTO, H. **Brasil importa da China 47,1% do total de carros elétricos em 2023**. Disponível em: <<https://www.poder360.com.br/economia/brasil-importa-da-china-471-do-total-de-carros-eletricos-em-2023/>>. Acesso em: 16 jun. 2024.
- RODRIGUES, A. L. P.; SEIXAS, SONIA. R. C. Battery-electric buses and their implementation barriers: Analysis and prospects for sustainability. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 51, p. 101896, jun. 2022.
- ROSA, C. B. et al. Regulatory analysis of E-mobility for Brazil: A comparative review and outlook. **Utilities Policy**, v. 84, p. 101638, out. 2023.
- RUOSO, A. C.; RIBEIRO, J. L. D. An assessment of barriers and solutions for the deployment of electric vehicles in the Brazilian market. **Transport Policy**, v. 127, p. 218–229, out. 2022.