



## ESTIMAÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL UTILIZANDO O MODELO LOGÍSTICO DE VERHULST<sup>1</sup>

Milena Torchetto<sup>2</sup>, Airam Tereza Zago Romey Sausen<sup>3</sup>, Paulo Sérgio Sausen<sup>4</sup>, Maurício de Campos<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Artigo científico desenvolvido em disciplina do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional da Unijui;

<sup>2</sup> Estudante do Curso de Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ;

<sup>3</sup> Professor do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ;

<sup>4</sup> Professor do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ;

<sup>5</sup> Professor do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ;

### RESUMO

Diante do crescente aumento da frota de veículos elétricos no Brasil, surge uma grande preocupação referente ao abastecimento desses automóveis, uma vez que os mesmos utilizam energia elétrica para recarga. As redes de distribuição de energia não serão capazes de fornecer energia elétrica para todos esses veículos no Brasil considerando o seu estado atual. Assim se faz necessário estimar o aumento da frota desses veículos para que as mesmas possam planejar o aumento da oferta de potência energética para o futuro. Logo, este trabalho apresenta os resultados obtidos com a estimação da frota de veículos elétricos no Brasil para os próximos anos. Para isso, foi feita uma modelagem matemática utilizando dados reais, ou seja, a quantidade existente de veículos elétricos do país nos anos de 2015 a 2022. A partir do modelo logístico de Verhulst foi calculada a solução analítica utilizando o método da separação de variáveis e a solução obtida foi comparada com os dados reais.

**Palavras-chave:** Equação Logística. Veículos Elétricos. Modelagem Matemática.

### ABSTRACT

Given the growing increase in the fleet of electric vehicles in Brazil, a significant concern arises regarding the supply of these automobiles, as they require electricity for recharging. The current state of the electricity distribution networks will not be able to provide sufficient energy for all these vehicles in Brazil. Thus, it is necessary to estimate the increase in the fleet of these vehicles so that the networks can plan to increase the power supply for the future. Therefore, this work presents the results obtained from the estimation of the electric vehicle fleet in Brazil for the coming years. For this purpose, mathematical modeling was carried out using real data, specifically the number of electric vehicles in the country from 2015 to 2022. Using Verhulst's logistic model, the analytical solution was calculated using the method of separation of variables and the obtained solution was compared with real data.

**Keywords:** Logistic Equation. Electric Vehicles. Mathematical Modeling.

### INTRODUÇÃO



Atualmente, é visível a evolução da indústria automobilística na sociedade, onde a tecnologia se desenvolve cada vez mais e toma o seu lugar no mundo, logo é inevitável não pensar nos veículos elétricos. Os carros elétricos representam a principal aposta global da indústria para oferecer aos consumidores um transporte com maior economia de energia e menos poluição. Assim, muitos países aderem porque é sustentável, contribuindo para um planeta mais limpo, para emissões zero e, portanto, será a solução para a poluição nos grandes centros urbanos, além de que o preço para abastecer um desses veículos é baixo, já que não utiliza combustível derivado de petróleo, mas sim energia elétrica.

A preocupação com o aquecimento global, que tem como marco recente a 21ª Conferência das Partes (COP21), está entre as principais motivações para a introdução dos carros elétricos na sociedade contemporânea. (CORDEIRO, LOSEKANN, 2018). Assim, encontrar alternativas aos combustíveis fósseis para o transporte é crucial para garantir um futuro sustentável e, entre as diferentes soluções que foram propostas, o veículo elétrico surge como uma das mais promissoras (FONTAÍNHAS; CUNHA; FERREIRA, 2016).

A descarbonização do setor de transportes é um meio de limitar o aumento da temperatura global em 1,5° Celsius, meta estabelecida para o final do século pelo Acordo de Paris (CORDEIRO, LOSEKANN, 2018). Assim, diversos países estão implementando medidas com o objetivo de apoiar o uso de veículos mais ecológicos e sua difusão no mercado, como o carro elétrico, com o intuito de diminuir a emissão de gases poluentes na atmosfera, promovendo assim um desenvolvimento sustentável.

Desta forma, é importante mencionar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) ou Agenda 2030 da ONU, a qual o Brasil e a ONU (Organização das Nações Unidas) estão trabalhando juntos para atingir 17 objetivos ambiciosos a fim de “acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade” (ONU, 2024). Desta forma, os veículos elétricos auxiliam na concretização do Objetivo 11, denominado “Cidades e Comunidades Sustentáveis”.

No Brasil, o programa mais recente lançado pelo governo federal para impulsionar o carro elétrico no setor automobilístico é o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Mover), que prevê benefícios fiscais às montadoras que investirem em tecnologias de baixa emissão de carbono, como os veículos híbridos e elétricos. O Mover também beneficia as empresas de autopeças do País. O programa foi lançado originalmente como medida provisória (MP



1205/23). A MP dá incentivos fiscais para empresas do ramo automotivo que investem em sustentabilidade e prevê novas obrigações à indústria automotiva para diminuir seu impacto ambiental. Posteriormente, o governo enviou um projeto de lei à Câmara dos Deputados com o mesmo teor (PL 914/24), que deve ser votado no Plenário nas próximas semanas. (AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS, 2024).

Desta forma, os novos incentivos do governo federal para as empresas e montadoras, somando-se aos programas federais mais antigos, os veículos elétricos serão disponibilizados com maior facilidade para compra e venda de veículos no Brasil, além do fato de que o carro elétrico em si é também muito barato, pois não requer sistemas de transmissão, frenagem e refrigeração sofisticados e dispendiosos. O mesmo simplesmente não tem sistema de injeção de combustível, de lubrificação do motor, de escapamento, motor de arranque, catalisador e abafamento de ruído (SANTOS, SANTOS, MEDEIROS, D'ARAÚJO, 2009). Portanto, além das vantagens ecológicas, o carro elétrico também é benéfico economicamente no que diz respeito a economia para o seu abastecimento e também para sua manutenção, estimando-se então um forte aumento da frota desses veículos nos próximos anos.

Porém, apesar das inegáveis vantagens de se obter um carro elétrico, surge uma problemática. Será que haverá potência energética para abastecer a frota de veículos elétricos futuros? À medida que aumenta a popularização dos veículos elétricos, haverá também a demanda elevada de carga sobre o sistema elétrico e das redes de transmissão, que possivelmente precisará de investimentos para sua adequação, “em adição ao crescimento natural da demanda por energia, oriundo da expansão das demandas tradicionais” (VONBUN, 2015, p. 23).

Segundo o Plano de apoio ao Plano de Energia 2050, deve - se adequar a oferta de energia elétrica, com o aumento de veículos elétricos. É necessário que a rede de distribuição se organize e crie novas estratégias para o aumento da oferta de energia. Em suma, caso haja popularização dos carros movidos a eletricidade, conseqüentemente haverá a elevação da complexidade das redes elétricas, o que refletirá em maiores custos de instalação de infraestrutura (EPE, 2018).

Logo, se faz necessário estimar a frota de veículos elétricos para os próximos anos, para que então as redes de distribuição possam se planejar para o futuro iminente do aumento da oferta de energia proveniente do abastecimento desses veículos. Desta forma, este artigo

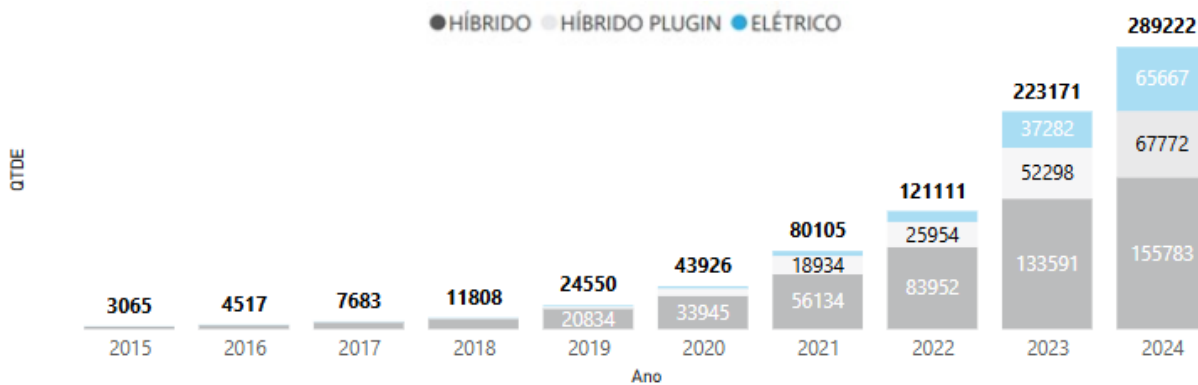


faz uma estimativa da frota de veículos elétricos no Brasil, utilizando o modelo logístico de Verhulst, modelo que melhor se adequa ao comportamento da curva do aumento da frota de carros elétricos.

## METODOLOGIA

A metodologia utilizada para realização dessa estimativa consiste em coleta de dados já existentes sobre a frota de veículos elétricos, modelagem matemática para encontrar a solução analítica da estimativa da frota desses veículos e por fim validação do modelo obtido. Os dados para realizar este estudo foram obtidos através do site “NeoCharge”. Os dados utilizados pelo site foram retirados da página do “DENATRAN”, tratados e categorizados para publicação. Como apresentado na Figura 1, há um gráfico de colunas em que os dados da horizontal representam o ano em questão e os dados da vertical representam a quantidade de veículos elétricos naquele ano, separados em: híbrido, híbrido plugin e elétrico, em que o total de veículos elétricos para aquele ano aparece em negrito acima da coluna.

Figura 1 - Frota anual brasileira de veículos elétricos



Fonte: NeoCharge, 2024.

A partir dos dados obtidos, observa-se que há um padrão semelhante a uma curva exponencial, em que ao longo dos anos a frota de veículos elétricos cresce exponencialmente. Assim, utilizou-se um modelo que fornece uma equação para uma curva exponencial para modelar estes dados, denominado modelo logístico de Verhulst. Quando usado o modelo logístico para estimar a frota de veículos elétricos, expresso pelo Problema de Valor Inicial (PVI) temos:



$$\frac{dP(t)}{dt} = rP(t)\left(1 - \frac{P(t)}{K}\right) \quad (1)$$

$$P(0) = 3.065 \quad (2)$$

onde  $P(t)$  é a frota de carros elétricos no tempo  $t$  (unidade), o  $r$  é a constante de proporcionalidade e foi calculada a partir de  $P(\text{máximo})$  sob condições limitadas, sendo o  $K$  a capacidade de suporte com valor de 60.236.119, enquanto  $P(0)$  é o primeiro dado recolhido da frota de carros elétricos, correspondendo ao ano de 2015.

A solução analítica da equação 1 foi encontrada utilizando-se o método da separação de variáveis (ZILL; CULLEN, 2001). A capacidade de suporte  $K$  foi definida considerando a quantidade de veículos existentes no Brasil no ano de 2022, segundo o IBGE, visto que o último censo foi realizado neste ano (IBGE, 2022).

## CARROS HÍBRIDOS E ELÉTRICOS

O automóvel foi a base da grande revolução industrial que ocorreu no século XX. Logo a indústria automobilística, o petróleo e todos os avanços tecnológicos decorrentes dessas indústrias tiveram um grande impulso devido a essa revolução. Boa parte do comércio e da inovação mundial se deve à indústria automobilística (SANTOS, SANTOS, MEDEIROS, D'ARAÚJO, 2009). Com o advento da tecnologia, os automóveis passaram por avanços e melhorias, chegando no assunto deste artigo, os veículos elétricos.

Os veículos elétricos considerados para este trabalho são três modelos: híbrido, híbrido plug-in e elétrico. O carro híbrido tem dois motores, um a combustão e o outro elétrico, porém o motor elétrico deste modelo não é recarregável utilizando energia elétrica, é recarregado com a regeneração de energia através da inércia ou da travagem, trabalhando para reduzir o consumo médio. Os motores de um carro híbrido podem funcionar de forma independente ou associada. Normalmente, o motor elétrico é utilizado como apoio para o propulsor a combustão, tendo baterias com autonomia reduzida. Quando o híbrido utiliza a energia gerada para apoiar o motor à combustão, este reduz o consumo e as emissões de gases na atmosfera, principalmente do nível do arranque e durante os momentos de pausa do motor, a desaceleração e travagem regeneram carga das pequenas baterias (FELDMAN, 2017).

Os híbridos plug-ins são os veículos híbridos, ou seja, possuem um motor a combustão e outro elétrico, porém diferente do híbrido, o veículo híbrido plug-in possui um



cabo para recarregar na tomada utilizando energia elétrica, tendo assim a possibilidade de recarregar suas baterias na corrente. Já o veículo elétrico possui só o motor elétrico e também é recarregado com energia elétrica, porém suas baterias têm maior capacidade do que o híbrido e híbrido plug-in, já que neste modelo há somente o motor elétrico (FELDMAN, 2017).

É inegável os benefícios dos veículos elétricos, como a sustentabilidade e a pouca ou inexistente manutenção, já mencionada anteriormente, porém esses automóveis ainda enfrentam desvantagens que podem ser decisivas para o seu futuro, as quais considera-se duas das mais importantes. No Brasil, os veículos elétricos são equipados com baterias íons de lítio. O custo da bateria corresponde a cerca de 40% a 50% do custo total do automóvel e o seu peso pode chegar a aproximadamente 450kg (SANTOS, 2017). Logo, quando a vida útil da bateria acabar e precisar trocar a bateria, será mais vantajoso efetuar essa troca ou simplesmente trocar de veículo e descartar o antigo? Novamente haverá um problema ambiental se isso chegar a acontecer. Outro grande problema relacionado ao aumento da frota de carros elétricos, também já mencionado neste artigo, é a questão da energia elétrica necessária para abastecer todos os futuros veículos adquiridos pela população. Logo, o futuro desses automóveis depende de algumas variáveis que espera-se que sejam avaliadas com cuidado e aprimoradas.

Entretanto, ainda considera-se promissor o futuro dos carros elétricos visto que a cada ano aumenta a frota dos mesmos e também a indústria se empenha em inovações tecnológicas e melhorias para os mesmos. As vendas de carros eletrificados no Brasil nunca esteve tão alta. Segundo dados divulgados pela ABVE (Associação Brasileira do Veículo Elétrico), no primeiro semestre de 2024 foram vendidos 79.304 veículos leves eletrificados no Brasil, número 146% maior que o do mesmo período de 2023 (FERREIRA, 2024).

Perdendo apenas pro seu irmão BYD Dolphin, o modelo BYD Dolphin Mini foi o segundo carro elétrico mais vendido em 2024 no Brasil, por ser uma versão menor e um pouco mais simples, por um preço mais acessível, estreando no mercado por R\$ 115.800, o modelo quebrou os recordes de venda, o compacto elétrico vendeu 3.143 em abril deste ano, marca histórica para um único mês, totalizando 9.059 unidades vendidas somente deste modelo (FERREIRA, 2024). Assim, pouco a pouco, os carros elétricos estão sendo lançados



com preços parecidos com modelos populares a combustão, o que é uma forte vantagem para esses automóveis.

Todavia, vale ressaltar que a estimação da frota de veículos elétricos realizada neste artigo leva em consideração um futuro similar ao atual, com base nos dados já recolhidos e analisados e com a população atual. Logo, se outra tecnologia surgir no futuro, algo imprevisível e inovador, ou se a população brasileira aumentar ou diminuir drasticamente pode ser que a frota de carros elétricos seja alterada. Ainda, as problemáticas que os carros elétricos vêm enfrentando aqui já citadas, também podem afetar na frota desses veículos, bem como as futuras normativas governamentais.

## **MODELO LOGÍSTICO DE VERHULST**

Como já mencionado, para este artigo foi utilizado o modelo de Verhulst para realizar a modelagem dos dados, modelo amplamente referenciado na literatura. Os principais modelos de crescimento frequentemente estudados e utilizados são os modelos sigmóides de Gompertz e o modelo logístico, sendo que a equação logística foi proposta originalmente pelo matemático-biólogo Pierre François Verhulst no século XVIII, e tem sido um modelo ilustrativo da dinâmica do crescimento em um habitat de recursos finitos. A equação logística baseia-se na noção de que a taxa de crescimento da população em um ambiente é proporcional à população e a quantidade de recursos disponíveis no habitat para a exploração (PELEG, CORRADINI, NORMAND, 2007).

No crescimento exponencial (modelo de Malthus), a taxa de crescimento populacional aumenta ao longo do tempo, em proporção ao tamanho da população, porém o mesmo proporciona um modelo irreal de crescimento de uma população, já que há condições físicas que inibem o crescimento, como a mortalidade, a poluição e demais agentes da natureza. Portanto, a equação logística (modelo de Verhulst) busca limitar esse crescimento exponencial utilizando uma capacidade de suporte de modo que a população cresça até determinada capacidade e em seguida pare de crescer, respeitando o suporte (ZILL; CULLEN, 2001).

Leite, Silva e Souza (2011) observam que a “formulação do modelo logístico supõe que a população sobre inibições naturais no seu crescimento”, ou seja, a medida que o tempo decorre, a população tende a crescer em uma taxa menor em virtude do espaço disponível e



competição pelos recursos limitados e quando atinge a população de saturação (ou população máxima), tende a se estabilizar.

Logo, considerando o tema em estudo, há diversos fatores que influenciam na quantidade de carros elétricos vendidos, ou seja, fatores que inibem o crescimento da frota de carros, como a oferta e demanda do mercado, por exemplo, que pode mudar ao longo dos anos com o avanço da tecnologia. Outro fator seria a oferta de energia elétrica necessária para o carregamento desses carros e se as distribuidoras de energia elétrica irão conseguir suprir essa demanda, como já comentado anteriormente. Portanto, deve-se ter uma capacidade de suporte, pois a frota de carros híbridos e elétricos não irá crescer exponencialmente, ao infinito. Desta forma, utilizando o modelo de crescimento logístico, foi modelada uma curva que descreve o comportamento da frota de veículos elétricos no Brasil, com base nos dados existentes de 2015 a 2022.

## RESULTADOS

Para resolução da equação (1), utilizou-se o método das variáveis separáveis, no qual separou-se os “P” em uma lado da equação e os “t” em outro e integrou-se ambos os lados (3) através do método das frações parciais (4).

$$\int \frac{dP}{P\left(\frac{K-P}{K}\right)} = \int r dt \quad \text{onde, } \frac{K-P}{K} = 1 - \frac{P(t)}{K} \quad (3)$$

$$\int K \frac{dP}{P(K-P)} = \int r dt$$

Cálculo Auxiliar (Frações Parciais)

$$\frac{K}{P(K-P)} = \frac{A}{P} + \frac{B}{K-P} \quad (4)$$
$$\frac{AK+(B-A)P}{P(K-P)}$$

Resolvendo o sistema  $A=1$  e  $B-A=0$  conclui-se que o  $A=B=1$ . Logo, substituindo A e B por 1 na integral temos:

$$\int \left( \frac{1}{P} + \frac{1}{K-P} \right) dP = r \int dt$$

$$\ln(P) - \ln(K - P) = rt + C \quad (5)$$





Para simplificar a equação (5), utiliza-se as propriedades dos logaritmos e das potências e por fim consegue-se isolar o “P” em um lado da igualdade e chegar a uma solução analítica (6).

$$\begin{aligned} \ln \frac{P}{K-P} &= rt + C \\ \frac{K-P}{P} &= e^{-rt+C} \\ \frac{K}{P} - 1 &= e^{-rt} \cdot e^C \\ \frac{K}{P} &= 1 + Ae^{-rt} \\ P(t) &= \frac{K}{1+Ae^{-rt}} \end{aligned} \quad (6)$$

De acordo com a solução analítica (6), com o valor máximo de veículos elétricos sob condições limitadas ( $K = 60.236.119$ ), que é a capacidade de suporte, calcula-se o valor do parâmetro “A” e em seguida a constante de proporcionalidade “r” com o intuito de encontrar uma solução analítica do PVI (2), onde:

$$A = \frac{K - P_0}{P_0} \quad (7)$$

Utilizando como  $P(0)$  o valor de 3.065 conforme dados obtidos, chega-se à equação (8) que após calculada, o valor de “A” é dado por (9):

$$A = \frac{60.236.119 - 3.065}{3.065} \quad (8)$$

$$A = 19.651,89 \quad (9)$$

Substituindo o valor da capacidade de suporte “K” e do parâmetro “A” encontrado na solução analítica (6) chega-se à equação (10).

$$P(t) = \frac{60.236.119}{1+19.651,89 \cdot e^{-r \cdot t}} \quad (10)$$

Para determinar o valor da constante de proporcionalidade “r”, utiliza-se  $P(7) = 121.111$  que é a quantidade máxima de veículos elétricos registrados no ano de 2022. Assim, resolve-se o Problema de Contorno (PC), substituindo  $P(7)$  em (10),



$$121.111 = \frac{60.236.119}{1+19.651,89.e^{-r.7}} \quad (11)$$

e com as devidas manipulações matemáticas, isolando o “r” chega-se ao valor da constante de proporcionalidade (12).

$$1 + 19.651,89.e^{-7r} = \frac{60.236.119}{121.111}$$

$$e^{-7r} = \frac{496,36}{19.651,89}$$

$$\ln e^{-7r} = \ln 0,0252577694$$

$$-7r = -3,67862$$

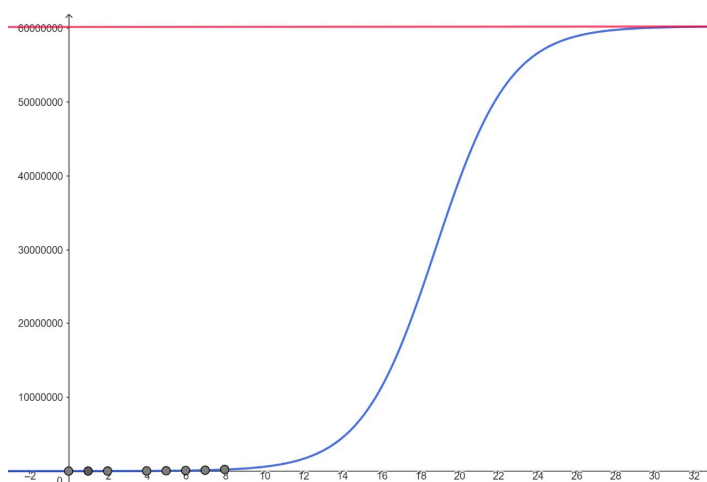
$$r = 0,5255 \quad (12)$$

Por fim, substituindo “r” na equação (10), obtém-se a equação (13),

$$P(t) = \frac{60.236.119}{1+19.651,89.e^{-0,5255.t}} \quad (13)$$

que representada graficamente pode ser visualizada na Figura 2.

Figura 2 - Gráfico da solução analítica do PVI para K = 60.236.119

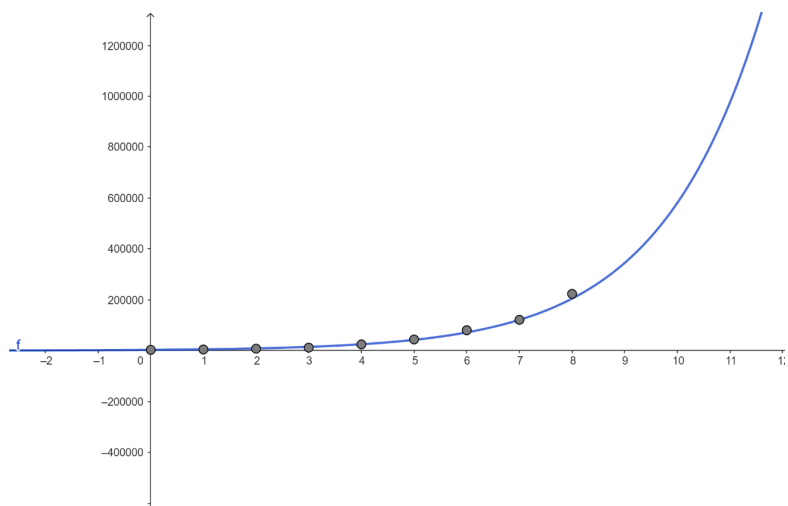


Fonte: A autora (2024)

Conforme o gráfico realizado através da ferramenta GeoGebra, os dados reais estão muito próximos dos dados obtidos pela solução do modelo. Assim, o gráfico pode ser melhor visualizado na Figura 3.



Figura 3 - Gráfico ampliado da solução analítica do PVI para  $K = 60.236.119$



Fonte: A autora (2024)

Os dados do eixo “Y” representam a quantidade de veículos elétricos, enquanto os dados do eixo “X” representam o tempo em anos, de modo que o tempo “0” se refere à primeira coleta de dados em 2015, o tempo “1” seria o ano de 2016 e assim sucessivamente. A linha vermelha do gráfico representa a capacidade de suporte  $K = 60.236.119$ , já a curva em azul representa a estimativa da frota de veículos elétricos obtidos através do modelo, enquanto os pontos na cor cinza representam os dados reais coletados. Observa-se uma pequena diferença entre os dados obtidos através do modelo com os dados reais, o que é considerado normal visto que um modelo não possui cem por cento de precisão e considerando também que neste trabalho utiliza-se dados com valores muito altos (milhões).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento deste trabalho, foi possível obter um modelo que representa a frota de veículos elétricos no Brasil, considerando três tipos de carros: híbridos, híbridos plug-ins e elétricos. Conforme os resultados obtidos, observa-se que a frota de veículos elétricos no Brasil irá crescer a cada ano de maneira exponencial até atingir a sua capacidade de suporte, conforme a curva obtida através do modelo. Para o ano de 2030, a frota desses veículos é estimada, segundo o modelo, em 7.158.664 unidades, ou seja, aproximadamente 7 milhões de veículos elétricos.



Vale ressaltar que este trabalho faz apenas uma estimativa e que esses dados podem variar dependendo de muitos fatores futuros que podem influenciar em seu crescimento, como o crescimento ou decréscimo da população, as novas tecnologias e/ou problemas envolvendo o desenvolvimento desses veículos e também as ações governamentais referentes aos mesmos.

No entanto, é inevitável o crescimento da frota dos veículos elétricos nos próximos anos, não somente por ser uma opção de automóvel mais sustentável e menos poluente, mas também pela questão mercadológica, em que se estima uma economia a longo prazo. Logo, conclui-se que há a necessidade das redes de distribuição de energia elétrica desenvolverem um planejamento de expansão do fornecimento de energia elétrica para que no futuro seja possível o abastecimento desses novos veículos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS. **Para setor automotivo, programa do governo de mobilidade sustentável dá segurança a investimentos.** Câmara dos Deputados - Brasília, 2024.

AGENDA 2030. (2015). ODS – **Objetivos de desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>> Acesso em: 29 de julho de 2024.

CORDEIRO, Ana Carolina. LOSEKANN, Luciano. **Os desafios do processo de difusão do carro elétrico no Brasil.** Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação, 2018.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Eletromobilidade e Biocombustíveis: documento de apoio ao PNE 2050.** Rio de Janeiro, 2018.

FELDMAN, Boris. **Qual a diferença entre híbrido, plug-in e elétrico?** Autopapo, 2017.

FERREIRA, João Vitor. **Estes são os carros híbridos e elétricos mais vendidos em 2024. Quatro Rodas, 2024.** Disponível em: <[https://quatorrodas.abril.com.br/carros-eletricos/estes-sao-os-carros-eletricos-e-hibridos-mais-vendidos-no-brasil-em-2024#goog\\_rewarded](https://quatorrodas.abril.com.br/carros-eletricos/estes-sao-os-carros-eletricos-e-hibridos-mais-vendidos-no-brasil-em-2024#goog_rewarded)> Acesso em: 23 de julho de 2024.

FONTAÍNHAS, J.; CUNHA, J.; FERREIRA, P. **Is investing in an electric car worthwhile from a consumers' perspective?** Energy, v. 115, p. 1459–1477, 2016.



IBGE. **Frota de Veículos.** 2022. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120?tipo=grafico&indicador=28122>>

Acesso em: 15 de julho de 2024.

LEITE, M. B. F.; SILVA, G. H. J.; SOUSA, L. F. **Modelos Matemáticos para o crescimento da população do Estado de São Paulo e a exploração de diferentes taxas de crescimento.**

Ciência & Educação (Bauru), v. 17, n. 4. p. 927-940. 2011. Disponível em: <

<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v17n4/a10v17n4.pdf>> Acesso em: 18 julho de 2024.

NEOCHARGE. **Número de carros elétricos no Brasil.** São Paulo, 2024. Disponível em:

<<https://www.neocharge.com.br/carros-eletricos-brasil>> Acesso em: 10 de julho de 2024.

ONOHARA, Edson Yassuo. ONOHARA, Meiry Mayumi. **Comparações entre a eficiência energética de carro elétrico e de carro à combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros.**

Revista de Empreendedorismo e Gestão de Micro e Pequenas Empresas, v. 7, nº 1. p. 73-92. 2022.

PELEG, M.CORRADINI, M. G.; NORMAND, M. D. The logistic (Verhulst) model for sigmoid microbial growth curves revisited. **Food Research International**, v. p. 808-818, 2007.

SANTOS, A. C. F. R. **Análise da viabilidade técnica e econômica de um veículo elétrico versus veículo a combustão.** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Eficiência Energética).

UFSM, 2017.

Disponível em:

<[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12590/TCCE\\_EEAPP\\_EaD\\_2017\\_SANTOS\\_ANA.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12590/TCCE_EEAPP_EaD_2017_SANTOS_ANA.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 23 de julho de 2024.

SANTOS, Gustavo Antônio Galvão dos. SANTOS, Bruno Galvão dos. MEDEIROS, Rodrigo Loureiro. D'ARAÚJO, Roberto Pereira. **Carro elétrico, a revolução geopolítica e econômica do século XXI e o desenvolvimento do Brasil.**

Revista Oikos. Rio de Janeiro, 2009. Volume 8, n. 2.

ZILL, D.G. CULLEN, M.R. **Equações Diferenciais**, vol 1. 3.ed. Pearson. São Paulo, 2001.