



MODELAGEM MATEMÁTICA DO CUSTO MENSAL DO CARRO ELÉTRICO VERSUS CARRO A COMBUSTÃO UTILIZANDO A FUNÇÃO AFIM¹

Milena Torchetto², Airam Teresa Zago Romcy Sausen³, Paulo Sérgio Sausen⁴

¹ Projeto de pesquisa desenvolvido na Unijuí;

² Estudante do Curso de Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ;

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

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

INTRODUÇÃO

A crescente evolução tecnológica tem transformado significativamente a indústria automobilística, que passa por um processo de inovação voltado à sustentabilidade e à eficiência energética. Nesse cenário, os Veículos Elétricos (VEs), tais como motos, bicicletas e carros elétricos, emergem como protagonistas dessa transformação. Os mesmos representam uma das principais apostas ao oferecerem uma solução de transporte com menor impacto ambiental e maior economia no consumo de energia. Sua adoção está relacionada à redução das emissões de gases poluentes e à busca por centros urbanos mais limpos e saudáveis.

Assim, destaca-se os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), também conhecidos como Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), uma iniciativa conjunta entre o Brasil e a ONU que busca alcançar 17 metas com o propósito 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” (AGENDA, 2015). Nesse contexto, os VEs contribuem para a realização do Objetivo 11: “Cidades e Comunidades Sustentáveis”.

Atualmente, existem três tipos de VEs. O carro híbrido é equipado com dois motores, um a combustão e outro elétrico. O motor elétrico desse modelo é recarregado por meio da regeneração de energia obtida através da inércia ou da frenagem, contribuindo assim para a redução do consumo médio de combustível. Já os híbridos plug-in também contam com um motor a combustão e outro elétrico, mas diferenciam-se por possuírem um cabo de recarga que permite o abastecimento das baterias diretamente na rede elétrica. Com isso, têm maior flexibilidade e autonomia no uso da energia elétrica. Por fim, o VE totalmente elétrico é equipado apenas com motor elétrico e também é recarregado por meio da rede elétrica,



possuindo baterias de maior capacidade, dado que esse tipo de veículo opera exclusivamente com propulsão elétrica (FELDMAN, 2017).

Conforme Onohara e Onohara (2022), os VEs apresentam melhor aproveitamento da energia consumida, com menor desperdício e maior rendimento por quilômetro (km) rodado. Apesar do investimento inicial mais elevado, o custo reduzido de recarga e os benefícios ambientais justificam sua adoção, principalmente em centros urbanos que priorizam soluções sustentáveis. Desse modo, a eficiência energética dos VEs torna-se um diferencial relevante frente aos modelos a combustão.

Logo, este trabalho tem como objetivo realizar a modelagem matemática do custo mensal do carro totalmente elétrico e comparar com o carro à combustão utilizando a função afim, de modo a analisar e comprovar matematicamente através das funções encontradas qual carro de fato é mais eficiente energeticamente e mais econômico.

METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa na internet para determinar os dois modelos de carros utilizados nesta comparação: Volvo XC40 (a combustão) e Volvo EX40 (elétrico). Ambos os automóveis possuem características semelhantes em relação ao porte e categoria. O XC40 conta com um motor a combustão de 163 cavalos (cvs), enquanto o EX40 é um veículo 100% elétrico, sendo considerado neste estudo o modelo Single Motor, com potência de 238 cvs (VOLVO CARS, 2025).

Para realizar a modelagem matemática do custo mensal de ambos os veículos, utilizou-se a função afim, expressa pela forma:

$$f(x) = ax + b \quad (1)$$

onde: x representa o número de quilômetros percorridos mensalmente; a é o coeficiente angular que corresponde ao custo variável por km rodado (combustível ou energia e manutenção); b é o coeficiente linear, que representa o custo fixo mensal (impostos, seguro, taxas, entre outros); e $f(x)$ representa o custo total mensal do veículo.

Os custos fixos mensais foram estimados em R\$800,00 para ambos os modelos, englobando despesas como seguro, IPVA, licenciamento, estacionamento e outras taxas regulares. Os custos variáveis foram estimados com base em informações dos fabricantes, dados da Petrobras, concessionárias de energia e estudos técnicos sobre manutenção veicular.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os custos variáveis foram calculados através do consumo de energia ou combustível, além dos gastos médios com manutenção. O Volvo XC40 apresenta um consumo médio de 6,5 litros (l) a cada 100 km, o que corresponde a aproximadamente 15,38 km/l. Considerando o preço médio da gasolina no Brasil em julho de 2025, de R\$6,23/l, o custo por km é de aproximadamente R\$0,405. A esse valor, adicionou-se uma estimativa de R\$0,15/km para manutenção, resultando em um custo variável total de R\$0,555/km (PETROBRAS, 2025; VOLVO CARS, 2025).

Já o Volvo EX40 apresenta um consumo médio de 17,6 kWh a cada 100 km, o que corresponde a 0,176 kWh/km. Considerando o preço médio da energia elétrica no estado do Rio Grande do Sul, de R\$0,72/kWh, o custo energético por km é de R\$0,126. Acrescentando a manutenção estimada em R\$0,04/km, obteve-se um custo variável total de R\$0,166/km (SARMENTO, 2025; VOLVO CARS, 2025).

Com base nos dados levantados, as funções de custo total mensal foram definidas, em que x é a quilometragem e $f(x)$ o custo total. Para o Volvo XC40 a função afim é:

$$f(x) = 0,555x + 800 \quad (2)$$

Para o Volvo EX40 (carro elétrico) a função afim definida é:

$$f(x) = 0,166x + 800 \quad (3)$$

O gráfico de ambas as funções afim do custo mensal dos modelos Volvo XC40 e EX40 (Figura 1), respectivamente, é apresentado abaixo para comparação.

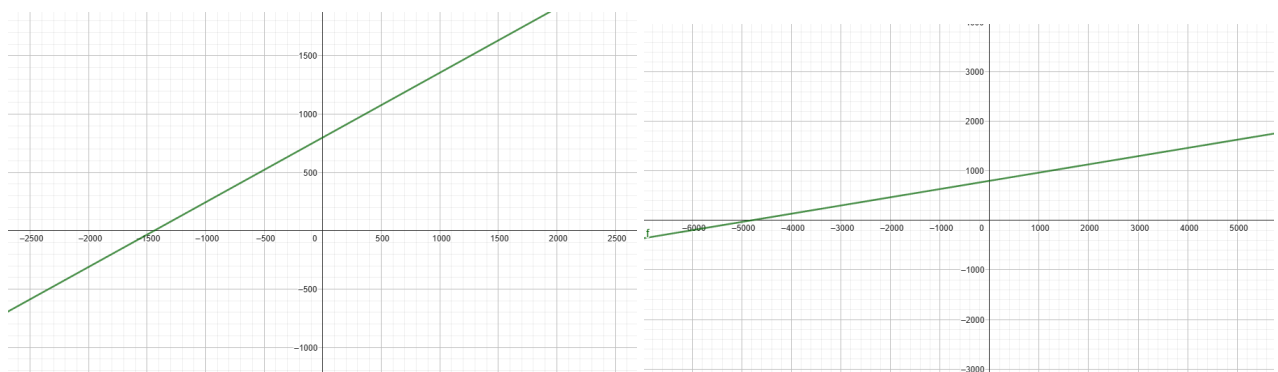


Figura 1 - Gráficos do custo mensal dos modelos Volvo XC40 e Volvo EX40

Fonte: A autora (2025)



Apesar do custo inicial do carro elétrico ser maior, a reta da função é menos inclinada conforme os valores para x vão crescendo, ou seja, a longo prazo, o custo para manter o VE é menor. A partir dessas funções, pode-se comparar o custo total de cada veículo ao longo de diferentes distâncias. Por exemplo, para uma quilometragem mensal de 1.000 km, o custo total do carro elétrico é R\$966,00, enquanto o do carro a combustão é R\$1.355,00, gerando uma economia de R\$389,00 mensais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no que foi proposto neste trabalho, comparar, por meio do custo mensal definido pela função afim, a eficiência energética de um VE com a de um carro a combustão, foi possível perceber que o modelo elétrico é o mais vantajoso e eficiente energeticamente.

Além do impacto positivo no meio ambiente, já que não emite gases poluentes, o custo por km rodado também é menor, principalmente porque a eletricidade tem um valor mais acessível em comparação aos combustíveis fósseis. Outro ponto importante é a manutenção: o carro elétrico exige menos cuidados mecânicos, pois não possui peças como escapamento, injeção de combustível ou motor de arranque, o que reduz significativamente os gastos ao longo do tempo (SANTOS et al., 2009). As funções construídas no decorrer da análise reforçam esses dados, mostrando matematicamente a economia envolvida para desenvolver a mesma função, ou seja, a eficiência energética.

Por outro lado, há obstáculos que ainda dificultam a adoção dos VEs. A autonomia da bateria ainda gera insegurança em muitos usuários. Além disso, seu custo elevado, representando metade do valor do veículo, e o peso significativo levantam dúvidas sobre sua viabilidade a longo prazo (SANTOS, 2017). Também é necessário considerar a demanda por energia elétrica. Se a frota de veículos elétricos crescer rapidamente, as redes de distribuição precisarão de investimentos para dar conta do consumo adicional (VONBUN, 2015).

Portanto, apesar de os dados mostrarem que o carro elétrico é, atualmente, a melhor opção em termos de eficiência energética e sustentabilidade, o futuro dessa tecnologia dependerá de como esses desafios serão enfrentados nos próximos anos.

Palavras-chave: Carro Elétrico. Eficiência Energética. Função Afim. Modelagem Matemática.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 2030. (2015). ODS – **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>> Acesso em: 11 de junho de 2025.

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

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.

PETROBRAS. **Preço médio da gasolina no Brasil**. Disponível em: <<https://precos.petrobras.com.br/sele%C3%A7%C3%A3o-de-estados-gasolina>>. Acesso em: 4 de julho de 2025.

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>. Acesso em: 04 de julho de 2025.

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.

SARMENTO, Márcia. **Energia elétrica residencial registra alta em 2024**. O Alto Uruguai, 20 jan. 2025. Disponível em: <<https://www.oaltouruguai.com.br/noticia/14854/energia-eletrica-residencial-registra-alta-em-2024>>. Acesso em: 4 de julho de 2025.

VOLVO CARS. **XC40**. Disponível em: <<https://www.volvocars.com/pt/cars/xc40/>>. Acesso em: 4 de julho de 2025.

VOLVO CARS. **EX40 Elétrico**. Disponível em: <<https://www.volvocars.com/br/cars/ex40-electric/>>. Acesso em: 4 de julho de 2025.

VONBUN, Christian. **Impactos ambientais e econômicos dos veículos elétricos e híbridos plug-in: uma revisão da literatura**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2015.