

Análise e Comparação de Viabilidade Técnica e Econômica entre Automóveis à Combustão, Híbrido e Elétrico

Brandon Aguiar, Bruno Duarte Primitz, Felipe Gonçalves Boaventura de Melo, Guilherme Cotinguiba De França, Guilherme Soares Lopes, Jahy Siqueira Sanches Junior, Júlio César Rodrigues Pacheco, Lucas da Silva Brito, Rodrigo dos Santos Souza, Prof. Rodrigo Bozelli Dutra

Departamento de Engenharia Mecânica — Universidade Anhembi Morumbi (UAM)

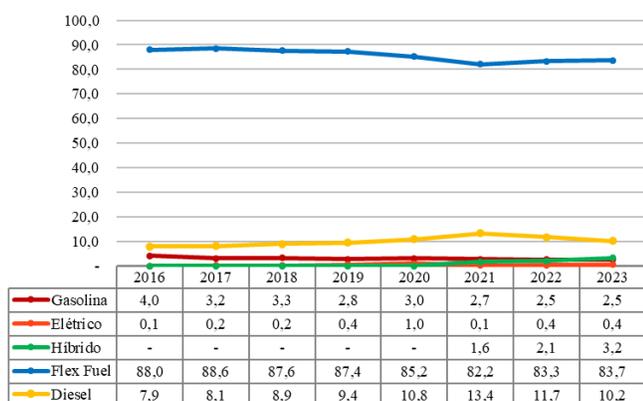
O artigo propõe-se a analisar o cenário do mercado automotivo de veículos e seu setor mais crescente nas últimas décadas: a eletro mobilidade. Com as discussões e preocupações com o meio ambiente em evidência, buscam-se meios de transporte cada vez menos poluentes, associados à viabilidade financeira de cada projeto e aplicação, tanto na sua produção, quanto no custo para o cliente final ao longo de toda a sua vida útil. Com isso, pretende-se estudar e formar uma linha de pensamento que facilite a tomada de decisão desse cliente e viabilize mediante às opções entre veículos à combustão, elétricos e híbridos no mercado, traçando critérios de avaliação técnica e de custo-benefício ao mesmo, tais como autonomia, valor de mercado na aquisição e custos médios para público consumidor.

Palavras-Chave: Veículos Híbridos, Engenharia Econômica, Carro Elétrico, Eletro Mobilidade.

1. INTRODUÇÃO

Os veículos elétricos e híbridos vem conquistando cada vez mais espaço ao nível global, conforme gráfico abaixo, que indica o percentual de participação no mercado nacional por tipo de combustível, ou seja, a quantidade de veículos licenciados no país nos últimos 8 anos.

Gráfico 1 – Participação de Mercado por Combustível



Fonte: ANFAVEA, 2023

Conforme os dados obtidos pela ANFAVEA (2023), é possível concluir que o grande parque circulante de veículos leves hoje no país é movido a motores flex. E apesar de a série histórica não ter registros de licenciamentos de híbridos entre 2016 e 2020, nota-se um crescimento médio de 2,3% na quantidade de veículos híbridos a partir de 2020. Considerando os percentuais do ano 2023 como parciais, é possível concluir também uma estagnação na quantidade de veículos elétricos

entre o ano completo de 2022 e os 10 primeiros meses do ano de 2023.

Ainda assim, quando se trata de veículos híbridos (HEV ou PHEV) ou puramente elétricos (EV/BEV), o conteúdo técnico que se tem disponível auxilia na obtenção de informações de cada veículo, mas não permite chegar a uma análise comparativa mais assertiva de qual configuração torna-se viável técnica e financeiramente ao longo de sua vida útil. A exemplo do Brasil, as concepções sobre a adesão aos veículos eletrificados não consideram temas sensíveis como viabilidade da manutenção, viabilidade econômica e técnica, impostos e o seguimento da diferença de emissões.

Desde a invenção do veículo elétrico, no final do século XIX, alguns desafios tardaram sua implantação em altas demandas, dentre elas os altos custos de produção, tecnologia disponível à época que garantisse boa autonomia, e disponibilidade de postos de recarga para os veículos, sendo esse último muito semelhante aos dias atuais. Apesar da crescente disponibilidade de estações de carregamento em grandes centros comerciais e postos de combustível, pouco se discute o custo dessa energia fornecida.

O objetivo deste artigo consiste em levantar a discussão acerca dos pontos supracitados no parágrafo anterior, trazendo contexto dela mediante uma revisão bibliográfica da história do veículo elétrico no mundo e no Brasil, e realizar estudos comparativos entre veículos à combustão, híbridos e puramente elétricos, a fim de desenvolver uma aplicação capaz de determinar de forma prática e analítica, à partir de um modelo único que possua as motorizações citadas disponíveis no mercado no qual apresente seus custos-benefícios, vantagens e desvantagens dentro do mercado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A concepção da ideia de veículos movidos a eletricidade advém do sec. XIX. Segundo Baran e Legey (2011), em referência a Hoyer (2008), pode-se afirmar que a história dos veículos elétricos está relacionada à criação das primeiras baterias, com o belga Gaston Planté em 1859, que demonstrou a primeira bateria de chumbo e ácido. Em 1884, o britânico Thomas Parker adquiriu as patentes da bateria criada por Planté e desenvolveu o primeiro veículo elétrico de produção, que contava com baterias recarregáveis. Thomas Édison em 1901, criaria uma bateria composta de níquel-ferro, com autonomia superior à bateria de chumbo. Ambos os equipamentos foram utilizados em veículos elétricos na França, EUA e Reino Unido no final do século XIX e início do século XX, onde perderiam espaço para a ascensão dos veículos a vapor e a gasolina.

Com o passar do tempo os veículos que utilizavam apenas a combustão interna ganharam maior espaço de mercado ante aos de motor elétrico por alguns motivos: primeiro devido a sua maior autonomia, já que a autonomia é muito melhor nesse tipo de veículo do que nos veículos elétricos, o segundo motivo seria o abastecimento desse carro ser mais fácil e acessível, podendo comprar gasolina para abastecer em qualquer região, já a energia elétrica não se encontrava disponível em todas as regiões, impossibilitando e restringindo a recarga dos VE's (PORCHERA *et al.*, 2016).

Outro ponto não muito favorável aos VE's é no que diz respeito à manutenção, que se tornava mais complexa devido ao não entendimento do sistema motor/bateria elétrica, enquanto para consertar os carros de motor à combustão existiam pessoas no mercado aptas, pois entendiam melhor o funcionamento do sistema. Os carros à combustão seguiam a linha de produção em série, desenvolvido por Henry Ford, que com isso barateou-se o custo de produção. E foi possível colocar no preço final de venda para os consumidores, o equivalente à metade do valor do carro elétrico vendido na época (PORCHERA *et al.*, 2016).

Figura 1 – O Primeiro Carro Elétrico Recarregável, de Thomas Parker, 1884



Fonte: History Collection, 2017

Com a desestimulação à produção de veículos elétricos causada pelo desenvolvimento da indústria petrolífera entre os anos 1910 e 1960, surge um movimento em 1970 de conscientização sobre as questões climáticas, até então pouco discutidas nas décadas anteriores. Segundo Menezes (2022), apesar das discussões por fontes energéticas alternativas, o veículo elétrico, por não estar apto a competir com veículos de combustão interna, não pôde entrar em linha de produção.

A partir dos anos 1970, a questão ambiental passou a fazer parte do debate sobre a geração e o consumo de energia. Três fatos apontaram a necessidade de se desenvolverem alternativas tecnológicas renováveis para a produção de energia:

- Em 1972, o Clube de Roma publicou o livro Limites para o Crescimento, que chamou a atenção para a necessidade e um limite para a exploração de recursos naturais não

renováveis;

- A crise do petróleo, em 1973, causada pelo embargo de produtores de petróleo, teve como consequência ondas de racionamento em diversos países;
- A conscientização a respeito do uso da energia nuclear, tais como a segurança operacional e o destino dos dejetos radioativos.

Apesar de os anos 1970 terem sido uma época propícia para os veículos elétricos, já que esses combinavam emissão nula de poluentes com a possibilidade de utilizar fontes de energias renováveis, os protótipos desenvolvidos na época não chegaram às linhas de produção. Houve diversas iniciativas de trazê-los de volta ao mercado no período, mas nem os automóveis elétricos puros ou os híbridos estavam aptos a competir no mercado com os automóveis convencionais (BARAN; LEGEY, 2011).

Entretanto, no final da década de 1980, como uma alternativa para reduzir a poluição nas grandes cidades, o conceito do veículo elétrico retornou ao cenário mundial (BARAN; LEGEY, 2011).

No Brasil, o primeiro registro oficial da criação de um veículo elétrico foi através do mecânico paulista Maurício Lorencini, que na cidade de Jundiaí — SP, que projetara um modelo com quatro motores elétricos posicionados sob o assoalho, e baterias de chumbo-ácido, montado sob o chassi de um Ford 1929, conforme matéria do jornal O Globo, de 23 de fevereiro de 1965.

Figura 2 – Matéria do Primeiro Veículo Elétrico Brasileiro



Fonte: Jornal O Globo, 1965

Em meio da crise do petróleo e incentivos do governo

federal em novas fontes de energia, outra aposta no carro elétrico aconteceria em 1974, com o modelo Itaipu E-150, lançado pela Gurgel Motors no Salão do Automóvel do mesmo ano. O nome faz referência à Usina Hidrelétrica de Itaipu, que começara a ser construída em fevereiro de 1971. Outros projetos da montadora de Rio Claro — SP seriam lançados e comercializados principalmente à estatais brasileiras, porém tiveram as produções limitadas devido às baixas autonomies dos modelos e dificuldades na recarga das baterias.

A Itaipu Binacional, estatal criada em 1974 para operar a hidrelétrica de mesmo nome, criou em 2006 uma parceria com a KWO — Kraftwerke Oberhasli AG, empresa alemã que controla usinas hidrelétricas na região dos Alpes, na Suíça.

O objetivo foi pesquisar soluções de mobilidade elétrica que sejam técnica e economicamente viáveis, analisar seus impactos no sistema elétrico nacional e contribuir com novas tecnologias que minimizem os impactos ambientais no setor de transportes (ITAIPU, 2023).

Nos primeiros anos do Projeto VE, mais de 80 protótipos saíram do Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Montagem de Veículos Elétricos (CPDM-VE), construído dentro de Itaipu, no galpão G5, com recursos da Eletrobras. Os protótipos, modelo Palio Weekend, foram viabilizados a partir de parceria com a Fiat (ITAIPU, 2023).

A última parceira a entrar no programa, em 2015, foi a BMW, que produz os modelos elétricos i3. Esses modelos também são utilizados para os estudos de impacto na rede elétrica (ITAIPU, 2023).

3. PESQUISA TEÓRICA

3.1. MOTORES

Existem diversos tipos e classificações de motores, cada um com suas características e usos específicos. Neste artigo, serão apresentados conceitos básicos sobre nos motores a combustão interna, motores híbridos e motores elétricos.

Em termos gerais, denomina-se motor, qualquer mecanismo projetado capaz de gerar energia mecânica através da conversão de energia, seja ela, térmica, elétrica, química, hidráulica ou qualquer outro tipo de fonte, pelo meio de processos que envolvem combustão e expansão de gases ou até mesmo através da utilização de campos magnéticos. (UFPEL, 2023).

3.1.1. Motores De Combustão Interna (MCI)

Segundo Brunetti (2012), motor à combustão é um dispositivo mecânico capaz de transformar o calor obtido das fontes energéticas em trabalho, sendo o resultado de vários processos executados em uma substância chamada Fluido Ativo (FA). Essa substância é criada pela mistura de ar-combustível na entrada do volume de controle e dos produtos da combustão na saída, tendo papel fundamental quanto a classificação das máquinas térmicas perante a sua conduta.

É importante destacar que o FA tem um papel direto na combustão interna dos MCI, diferentemente dos motores de combustão externa (MEC), onde o FA não participa da combustão, ou seja, externamente ao fluido, assim como turbinas a vapor e o motor Stirling.

Os principais tipos de ciclos termodinâmicos são o ciclo de Otto e Diesel, ambos compartilhando da mesma forma básica de operação (queima de combustível para geração de trabalho), mas cada um com suas próprias características. O motor, baseado no ciclo Otto ideal, é caracterizado pela ignição motivada por centelha, amplamente utilizado em carros de passageiros. A principal característica desse tipo de motor é a ignição ser dada a partir de uma vela responsável por gerar uma faísca elétrica, dando início na queima da mistura ar-combustível no cilindro do motor, proporcionando assim o impulso dos pistões através do aumento de pressão interna da câmara.

Quando se trata dos motores, ciclo a diesel, são caracterizados pela ignição por compressão. Nesse tipo de motor, o fluido de trabalho, geralmente ar, é comprimido sem ser misturado com o combustível. Quando o combustível é injetado diretamente no cilindro, encontra o ar altamente comprimido, em alta temperatura e pressão, o que causa inflamação e movimenta o pistão. Diferentemente do motor baseado no ciclo Otto ideal, os motores a diesel são utilizados em sua maior parte nos veículos mais pesados, como trens, navios, ônibus e caminhões. Essa escolha se deve ao fato de que esses motores possuem maior capacidade de gerar torque e potência, movimentando veículos com maior carga e resistência (HONORATO, 2021).

Além desses dois tipos principais, existem também os motores de ciclo quatro tempos e os de ciclo dois tempos. Os motores de ciclo quatro tempos são os mais comuns atualmente, sendo divididos em quatro etapas: admissão, compressão, combustão/expansão e exaustão. Já os motores de ciclo dois tempos realizam todas essas etapas em apenas dois movimentos do pistão, sendo mais simples e compactos, porém menos eficientes em sua potência.

3.1.2. Motor Elétrico

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) publicou um estudo que expõe a importância dos veículos elétricos na transição para uma economia mais sustentável e na redução das emissões de gases de efeito estufa. Diferente dos MCI, motores elétricos desfrutam de sistema de propulsão elétrica para seu funcionamento, que se dá via energia química armazenada em baterias recarregáveis, convertida em energia elétrica e posteriormente transformada em energia mecânica, possibilitando assim o movimento do veículo. Com isso, esses veículos são conhecidos pela alta eficiência, em termos de energia, e por emitirem poucos poluentes. (BATISTA *et al.*, 2020)

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), os VE's são classificados em cinco famílias dependendo da forma como a energia elétrica é disponibilizada, como, por exemplo: VE a bateria, quando a energia é fornecida por um conjunto de baterias recarregadas à rede elétrica; VE híbrido, quando são impulsionados por um gerador acionado por um MCI; VE de célula a combustível, na qual transforma a energia do hidrogênio diretamente em eletricidade; VE solar, onde a energia é fornecida por placas fotovoltaicas e VE ligado à rede, ou Trólebus, onde o veículo é ligado diretamente à rede elétrica por meio de hastes posicionadas sob o teto do veículo, mais comum em ônibus (INEE, 2023).

Segundo Hashemnia e Asaei (2008) existem os cinco tipos de motores mais usados em veículos elétricos: motor de corrente contínua (CC), motor de indução, motor síncrono de ímãs permanentes — PMS (Permanent Magnet Synchronous Motor) ou BLAC (Brushless AC Motor), motor de relutância comutado SRM (Switched Reluctance Motor) e motor CC sem escovas BLDC (Brushless Direct Current) (AZEVEDO, 2018).

Motor de corrente contínua onde sua alimentação parte de uma bateria ou qualquer outra fonte de alimentação CC; Motor de indução que funciona por corrente alternada; Motor síncrono de ímã permanente onde o campo magnético é gerado por um conjunto de ímãs permanentes em vez de usar bobinas de fio enroladas; Motor de relutância comutada que funciona através da manipulação de forças eletromagnéticas; e por fim motor CC sem escovas, ele tem um comutador eletrônico no lugar que inverte a direção da corrente elétrica nas bobinas do motor, permitindo a rotação do rotor (AZEVEDO, 2018).

A bateria elétrica é o dispositivo responsável pelo armazenamento da energia química e a converte em energia elétrica por meio de células eletroquímicas. Essas células são compostas por dois eletrodos, um positivo (ânodo) e um negativo (cátodo), imersos em um eletrólito. Durante o processo de descarga da bateria, ocorrem reações químicas nos eletrodos, resultantes na produção de elétrons, tais responsáveis pela geração da corrente elétrica, comprovando assim a eficiência do motor em relação à emissão de menos poluentes. (PIMENTEL, 2019).

3.1.3 Motores Híbridos

Os motores híbridos foram desenvolvidos para alinhar a potência e desempenho dos MCI, com a diminuição do consumo de combustível e emissão de gases poluentes na atmosfera através da queima de combustível. Esses motores operam a partir de duas fontes de energia, ou seja, têm um motor que funciona a combustão e um motor elétrico. Essas duas fontes foram alteradas para se integrarem de forma mais eficiente e se fracionam em três tipos, em série, paralelo e misto.

De acordo com Freitas e Medeiros (2021), veículos híbridos em série são aqueles nos quais o MCI não movimentam diretamente as rodas do veículo. Em vez disso, ele é usado unicamente para gerar eletricidade, armazenada em uma bateria. A movimentação do veículo é feita exclusivamente por um motor elétrico,

Já os veículos híbridos em paralelo possuem tanto um motor a combustão interna quanto um motor elétrico que podem acionar as rodas de forma simultânea. Dependendo da situação, o motor a combustão interna ou o motor elétrico pode ser utilizado isoladamente, ou em conjunto para fornecer a força necessária para movimentar o veículo.

Por fim, os veículos híbridos mistos oferecem a vantagem de ser configurados de duas maneiras distintas: tanto como um sistema em série, no qual o motor de combustão interna atinge diretamente as rodas, como também podem operar exclusivamente com o motor elétrico acionando diretamente às rodas. Nesse tipo de veículo, os motores podem ou não estarem ligados ao mesmo eixo.

3.2. ESTRUTURA DA COMPETITIVIDADE

A estrutura de cinco forças foi inicialmente descrita em um artigo da Harvard Business Review (Porter, 1979) e passou por uma revisão em 2008 (Porter, 2008). O modelo desenvolvido por Michael Porter desenvolve uma estrutura rigorosa e validada para entender a concorrência da indústria por meio das cinco forças: a rivalidade entre concorrentes existentes, ameaça de novos entrantes no mercado, poder de compra, poder de fornecedores e ameaça de substitutos (Porter, 1979). Os elementos do ambiente empresarial relacionados com os objetivos da empresa dão origem ao que Porter (1999) denomina como forças competitivas, presume-se que uma estratégia eficaz deve considerar a entrada de novos concorrentes, competidores e produtos novos, elevando o nível de vantagens para os seus produtos ou serviços percebidos e observados diretamente pelos consumidores como diferenciais, resultando em uma posição competitiva mais forte e robusta.

A competitividade na indústria é um dos fatores decisivos, e que afeta diretamente a rentabilidade no setor, podendo desencadear um limitativo de lucros. Em um setor automotivo que apresenta alta competição e grande rivalidade pode se levar a comportamentos predatórios, diminuindo a atratividade e lucratividade da indústria do setor em geral.

Vale destacar que é crucial entender que a competição em si não deve ser avaliada apenas no contexto dos concorrentes já estabelecidos, mas também no contexto da rivalidade ampliada, que inclui também novos entrantes que querem uma fatia do mercado, além de novos tipos de produtos e serviços com grande potencial de substituição do anterior. Indústrias, setores ou produtos que estejam sob ameaça de substituição e alto potencial de novos participantes, a competição tende a ser ainda mais acirrada (CARVALHO; LAURINDO, 2010).

Avila (2013) argumenta e defende que a tomada de decisão só é viável quando pelo menos duas alternativas são correlacionadas ou comparadas, enfatizando, “não havendo alternativas, não haverá decisão a tomar” (AVILA, 2013).

Destacando também que a análise de viabilidade econômica com relação tempo *versus* dinheiro abordada, é uma ferramenta importante nesse processo, já que utiliza técnicas de matemática para realizar os cálculos que fundamentam as decisões financeiras da engenharia econômica.

Ainda para Porter (1999), os métodos empregados para alcançar uma diferenciação no mercado, ocorre de diversas maneiras: como forma de projeto ou imagem de marca, desempenho e características dos produtos ou serviços fornecidos, a rede de fornecedores, qualidade dos insumos adquiridos para uma atividade e toda ou qualquer atividade que apresente e ofereça vantagem e benefícios aos clientes, sendo destacado pelo autor como principais características de um produto: tamanho, forma, cor, peso, desenho, material, tecnologia, desempenho em termos de confiabilidade, consistência, gosto, velocidade, durabilidade e segurança.

4. METODOLOGIA APLICADA

O método aplicado para a análise de viabilidade e comparação neste artigo baseia-se em realizar um estudo comparativo de engenharia econômica e técnica, em conjunto à decisão de investimento econômico-financeiro por meio do *payback*, entre um único modelo de veículo escolhido, que possui os três tipos de motorização: combustão interna (MCI), híbrido (HEV) e puramente elétrico (EV). Já que no Brasil até o momento não existe um único modelo oriundo que possua as três opções de motorização disponível no mercado. O modelo utilizado para a proposta no trabalho comparativo é a picape Ford F-150, por contrastar diversas opções de motores em suas versões e que incorpora os principais sistemas de propulsão automóvel citados anteriormente para o estudo: elétrica (F-150 Lightning), híbrida (PowerBoost Full Hybrid 3.5 V6 Twin-Turbo) e à combustão (EcoBoost 3.5 V6 Twin-Turbo), todas na Versão de Pacotes opcionais STD 4x4 LARIAT. Sendo também um automóvel de suma importância no mercado automotivo americano, popular e um dos carros mais vendidos do país de origem, é também um setor que está em potencial crescimento no Brasil contando em mais de 10% na ampliação no mercado de pick-ups em relação a 2022, além do crescimento de pick-ups grandes conjunto. (MINUTO SEGUROS; ISTO É, 2023). O modelo escolhido proporciona um excelente cenário ao qual o estudo de viabilidade se destina.

Foi obtido, para referencial de cálculo, os dados referentes à quilometragem média anual percorrida por motoristas nos Estados Unidos (FHWA, 2022), país de origem e operante do veículo escolhido, assim como o preço médio da gasolina e tempo médio de posse de um carro no país.

Os dados técnicos dos veículos foram coletados a partir de uma combinação com base em literatura informativa divulgada pela própria montadora do veículo escolhido, conjunto de manuais de proprietário do modelo e dados publicados por impressas jornalísticas especializadas no setor (CAR AND DRIVER, 2023). Os dados serão utilizados como referencial teórico estimado, considerando que as informações coletadas podem variar de acordo com cada teste realizado, perfil de condutor e dirigibilidade de cada proprietário.

Tabela 1 – Dados Técnicos dos Veículos Comparados

Modelo	EcoBoost 3.5L V6	Full Hybrid 3.5L	Lightning LARIAT
Consumo Anual	2508,67 l	2127,45 l	5710 kWh
Consumo Mensal	208,97 l	177,29 l	475,87 kWh
Abastecimentos Mensais	1,53 vezes	1,54 vezes	4,85 vezes
Custo Anual Abastecimento	US\$ 2383,24	US\$ 2021,08	US\$ 909,69
Custo Mensal Abastecimento	US\$ 198,60	US\$ 168,42	US\$ 75,60
Abastecimento Completo	US\$ 129,20	US\$ 109,25	US\$ 15,61
Emissão de CO ₂	6575,1 kg/ ano	4969,3 kg/ano	0

Fonte: Os Autores

Além disso, será adotado como base de estudos o custo médio de energia elétrica de US\$ 0,1593 centavos de dólar por kW/h, fornecido pela Administração de Informações de Energia dos Estados Unidos (EIA), que fornece dados independentes,

sobre o setor de energia, incluindo estatísticas detalhadas sobre preços de energia, produção, consumo e distribuição.

Já para o valor da gasolina, foi utilizado como referencial o valor médio de US\$ 0,95 centavos de dólar para cada litro, informado pela empresa Trading Economics, sendo um site que oferece dados atualizados sobre indicadores econômicos e informações sobre a economia global.

A média anual percorrida por motorista nos Estados Unidos arredondado é de 21.700 km por ano (13.476 milhas), informado por Federal Highway Administration (FHWA) e o tempo de posse médio é de 8,4 anos para outros veículos da frota americana e 8,5 anos para veículos dos modelos Ford F-150, segundo pesquisas da Iseecars (2023).

Os dados estão descritos na tabela a seguir:

Tabela 2 – Custos e Tempos Médios

Dados	Resultados
Custo Médio de Energia Elétrica (EIA)	US\$ 0,159 kW/h
Custo Médio da Gasolina (Trading Economics)	US\$ 0,95 p/ litro
Média Anual Percorrida p/ Motorista (FHWA)	21700 km
Tempo Médio de Posse - Veículos Gerais (FHWA)	8,4 anos
Tempo Médio de Posse - Veículos Ford F-150 (Iseecars)	8,5 anos

Fonte: Os Autores

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para o estudo comparativo e análise de viabilidade entre os três modelos, é necessário considerar alguns fatores, tais como consumo de combustível e energético anual e mensal, mediante às características do público consumidor, custo de abastecimento mensal e anual, custo para cada abastecimento completo nos respectivos veículos. O tempo que cada veículo leva para recuperar o investimento será obtido através do método de *payback* simples apresentado por Nogueira (2013). Com esse propósito serão discorridos nesse capítulo as equações utilizadas para analisar os três modelos Ford.

Para determinar a quantidade de litros de gasolina e eletricidade que cada carro utiliza a partir da quilometragem média anual percorrida por cada motorista nos Estados Unidos, os valores foram dados a partir da resolução da fórmula descrita abaixo:

$$\text{Consumo de Combustível (l)} = \frac{\text{Distância (km)}}{\text{Consumo do Carro} \left(\frac{\text{Km}}{\text{L}} \right) \text{ ou } \left(\frac{\text{kWh}}{\text{km}} \right)}$$

Dados a distância média percorrida de 21700 km e o consumo de cada modelo disponível na Tabela 1, temos:

Ford F-150 EcoBoost 3.5 V6:

$$\text{Consumo de Gasolina p/ Ano (l)} = \frac{21700 \text{ km}}{8,65 \text{ km/l}} = 2508,67 \text{ l}$$

$$\text{Consumo p/ Mês (l)} = \frac{2508,67 \text{ l}}{12 \text{ meses}} = 208,97 \text{ l} \quad (1)$$

Ford F-150 Full Hybrid 3.5 V6:

$$\text{Consumo de Gasolina p/ Ano (l)} = \frac{21700 \text{ km}}{10,2 \text{ km/l}} = 2127,45 \text{ l}$$

$$\text{Consumo p/ Mês (l)} = \frac{2508,67 \text{ l}}{12 \text{ meses}} = 177,29 \text{ l} \quad (2)$$

Ford F-150 Lightning:

$$\text{Consumo de Energia p/ Ano (kWh)} = \frac{21700 \text{ km}}{3,8 \text{ kWh/km}} = 5710,53 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo p/ Mês (kWh)} = \frac{5710,53 \text{ kWh}}{12 \text{ meses}} = 475,87 \text{ kWh} \quad (3)$$

Através dos resultados obtidos das equações de 1 a 6, foi calculado a quantidade estimada de abastecimentos mensais para cada modelo, utilizando a capacidade do tanque ou bateria de cada modelo, disponível na Tabela 1:

$$\text{F – 150 EcoBoost 3.5 V6} = \frac{208,97 \text{ l}}{136 \text{ l}} = 1,53 \text{ vezes} \quad (4)$$

$$\text{F – 150 Full Hybrid 3.5 V6} = \frac{177,29 \text{ l}}{115 \text{ l}} = 1,54 \text{ vezes} \quad (5)$$

$$\text{F – 150 Lightning} = \frac{475,87 \text{ kWh}}{98 \text{ kWh}} = 4,85 \text{ vezes} \quad (6)$$

Portanto, a Ford F-150 em suas versões à combustão e híbrida requerem cerca de 2 abastecimentos ao mês, enquanto a versão elétrica requer cerca de 5 recargas de bateria ao mês.

Partindo dos valores de consumo médio misto, estimou-se o gasto anual e mensal de abastecimento utilizando o preço da gasolina de US\$ 0,95 e da energia elétrica de US\$ 0,159, apresentados anteriormente na Tabela 2, e os resultados do consumo médio de cada modelo obtidos nas equações de 1 a 6:

$$\text{Abs. Anual (US\$)} = \text{Cons. Médio (l)} \times \text{Preço Combustível (US\$)}$$

Assim, temos:

$$\text{F – 150 EcoBoost 3.5 V6} = 2508,67 \text{ l} \times \text{US\$ } 0,95 = \text{US\$ } 2383,24 \text{ anual}$$

$$\frac{\text{US\$ } 2383,24}{12 \text{ meses}} = \text{US\$ } 198,60 \text{ p/ Mês} \quad (7)$$

$$\text{F – 150 Full Hybrid 3.5 V6} = 2127,45 \text{ l} \times \text{US\$ } 0,95 = \text{US\$ } 2021,08 \text{ anual}$$

$$\frac{\text{US\$ } 2021,08}{12 \text{ meses}} = \text{US\$ } 168,42 \text{ p/ Mês} \quad (8)$$

$$\text{F – 150 Lightning} = 5710,53 \text{ kWh} \times \text{US\$ } 0,1593 = \text{US\$ } 909,69 \text{ anual}$$

$$\frac{\text{US\$ } 909,69}{12 \text{ meses}} = \text{US\$ } 75,60 \text{ p/ Mês} \quad (9)$$

Para o cálculo de cada abastecimento completo do tanque de combustível ou recarga completa da bateria, utilizou-se a capacidade de cada componente disponível na Tabela 1 e os custos da gasolina e energia elétrica, disponíveis na Tabela 2:

$$\text{Abs. Completo} = \text{Volume do Tanque/Bateria (l) ou (kWh)} \times \text{Preço Combustível (US\$)}$$

Temos:

$$\text{F – 150 EcoBoost 3.5 V6} = 136 \text{ l} \times \text{US\$ } 0,95 = \text{US\$ } 129,20 \quad (10)$$

$$\text{F – 150 Full Hybrid 3.5 V6} = 115 \text{ l} \times \text{US\$ } 0,95 = \text{US\$ } 109,25 \quad (11)$$

$$\text{F – 150 Lightning} = 98 \text{ kWh} \times \text{US\$ } 0,1593 = \text{US\$ } 15,61 \quad (12)$$

Foi calculado apenas para o modelo híbrido e à combustão a emissão de CO₂ já que a picape elétrica não emite poluentes. Foi utilizado os dados de emissão da Tabela 1 e a distância média percorrida:

$$\text{F – 150 EcoBoost 3.5 V6} = 0,303 \text{ g/km} \times 21700 \text{ km} = 6575,1 \text{ kg/ano} \quad (13)$$

$$\text{F – 150 Full Hybrid 3.5 V6} = 0,229 \text{ g/km} \times 21700 \text{ km} = 4.969,3 \text{ kg/ano} \quad (14)$$

Foi utilizado para análise dos veículos o modelo comparativo adotado por Pimentel e Oliveira (2019), onde é utilizado o conceito de *payback* simples, considerando a economia que a escolha de um determinado tipo de motorização gera, se comparado com outro modelo. Por exemplo, o veículo elétrico é mais caro em relação ao veículo a combustão, porém o custo médio ao longo da vida útil é menor. Com esse método, pretende-se analisar em quanto tempo esse investimento inicial se compensa, quando comparado ao valor inicial de um veículo à combustão.

O *payback* é um método muito utilizado na prática para avaliar viabilidade econômica de alternativas de investimento. Seu uso, em muitas ocasiões, se deve em parte ao fato de ser um método de fácil operacionalização e, em parte, em virtude do tipo de informação que oferece ao analista. Entretanto, como será demonstrado na sequência, é um método que apresenta

algumas limitações (NOGUEIRA, 2013).

O método do *payback* avalia o tempo de recuperação do capital investido. Se o tempo de retorno do capital investido na alternativa de investimento analisada estiver no estabelecido a alternativa será viável e aprovada; caso contrário, será rejeitada (NOGUEIRA, 2013).

Este método apresenta vantagens como sua simplicidade, facilidade de compreensão e de cálculo. Como desvantagem, tem-se que não é considerado o valor do dinheiro no tempo (CARVALHO et al., 2020).

Para calcular o *payback* simples, serão utilizadas as seguintes variáveis: investimento inicial e resultado do fluxo de caixa, sendo esse último composto pelo custo de abastecimento, valor médio de manutenções e quantidade média de reparos previstos. Assim temos a seguinte equação.

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento inicial}}{\text{C. Abastecimento} + \text{Manutenções} + \text{Reparos Previstos}}$$

Os custos de manutenção estimados para a Ford F-150 EcoBoost 3.5L V6 foram determinados a partir dos dados obtidos pela Edmunds (2023), onde se considera os valores médios de manutenção programada em um período de 5 anos, US\$ 1014,60, com uma média 24.140 km (15.000 milhas) por ano sendo uma distância percorrida próxima da média anual apresentada. Juntamente reparos previstos seguem a mesma lógica, onde o valor médio é de US\$ 180,00.

Para a F-150 Lightning, os dados utilizados serão os mesmos da EcoBoost, porém valendo-se da informação da montadora, que prevê uma redução de 40% nos valores de manutenção. Sendo assim, os valores ficam US\$ 606,86 para a manutenção, e US\$ 180,00 para reparos previstos, pois esse não se altera.

Por fim, para a Full Hybrid 3.5L V6, será adotado o estudo criado por Propfe *et al.* (2012) no qual considera que, devido à menor troca de fluidos e menores desgastes em itens como pastilhas de freio, os custos de manutenção programada e reparos previstos são de aproximadamente 5% a menos que a versão a combustão.

Mediante a todas as informações pesquisadas, temos:

Payback Simples — Gasolina vs. Elétrica:

$$PB = \frac{73.135,00 - 64.950,00}{2383,84 + (1014,60 - 40\%) + 180,00} = 4,35 \text{ anos} \tag{13}$$

Payback Simples — Gasolina vs. Híbrida:

$$PB = \frac{65.310,00 - 64.950,00}{2021,08 + (1014,60 + 180,00 - 5\%)} = 0,85 \text{ anos} \tag{14}$$

Payback Simples — Híbrido vs. Elétrica:

$$PB = \frac{73.135,00 - 65.310,00}{909,69 + (1014,60 + 180,00 - 5\%)} = 5,37 \text{ anos} \tag{15}$$

O compilado de todas essas informações estão descritos na tabela abaixo:

Tabela 3 – Resultados do Comparativo

Modelo	EcoBoost 3.5L V6	Full Hybrid 3.5L	Lightning LARIAT
Consumo Anual	2508,67 l	2127,45 l	5710 kWh
Consumo Mensal	208,97 l	177,29 l	475,87 kWh
Abastecimentos Mensais	1,53 vezes	1,54 vezes	4,85 vezes
Custo Anual Abastecimento	US\$ 2383,24	US\$ 2021,08	US\$ 909,69
Custo Mensal Abastecimento	US\$ 198,60	US\$ 168,42	US\$ 75,60
Abastecimento Completo	US\$ 129,20	US\$ 109,25	US\$ 15,61
Emissão de CO ²	6575,1 kg/ ano	4969,3 kg/ano	0

Fonte: Os Autores

Portanto, considerando as diferenças de investimento inicial no custo entre os veículos tendo como base primária o modelo à combustão, o modelo que se compensa mais rápido é a versão híbrida com apenas 0,85 anos, e no caso do investimento primário considerando que necessariamente seja um carro eletrificado, a partir de um modelo híbrido, o investimento no modelo elétrico seria compensando após 5,37 anos.

Por fim, foi realizado um *brainstorming* referenciado com os membros do grupo, auxiliados pelo professor orientador, onde foram elencados as principais vantagens e desvantagens de cada um dos modelos Ford, com base em todo o conteúdo estudado e avaliado. As considerações foram tabeladas, conforme abaixo:

Tabela 4 – Vantagens e Desvantagens de Cada Modelo

MODELO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Ford F-150 EcoBoost 3.5L V6	<ul style="list-style-type: none"> • Maior capacidade de carga; • Facilidade para o abastecimento; • Requer a poucas paradas de abastecimento; • Maior disponibilidade em infraestrutura; • Preço Inicial mais acessível; • Maior facilidade na procura de oficinas para manutenções e reparo pós garantia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer mais manutenções, reparos e revisões; • Funcionamento por Combustível fóssil não renovável; • Maior emissão de gases poluentes; • Menor Torque e Potência; • Maior consumo anual e mensal.
Ford F-150 Full Hybrid 3.5L V6	<ul style="list-style-type: none"> • Maior autonomia; • Melhor consumo em relação a combustão; • Recarregamento regenerativo das baterias; • Gerador fonte de energia instantânea exportável; • Menor <i>payback</i> em relação a versão Elétrica Lightning; • Mix entre tecnologia à combustão e elétrica; • Maior capacidade de carga em relação a elétrica; • Requer a poucas paradas de abastecimento; • Não requer necessariamente estação de recarga para as baterias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possível alto custo na manutenção das baterias no longo prazo; • Utiliza baterias para os motores elétricos.

Ford F-150 Lightning LARIAT	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de motor com maior eficiência; • Menor custo de abastecimento anual em relação aos modelos a combustão e híbrido; • Menor poluição sonora; • Maior potência e torque; • Não emite gás poluente proveniente a queima de combustível no funcionamento do motor; • Menor necessidade em manutenções e reparos; • Maior volume de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo inicial mais alto; • Alta dependência de Baterias, já que possui baixa densidade energética; • Requer mais paradas de abastecimento; • Capacidade de Carga muito inferior comparado aos outros modelos da mesma família F-150; • De momento requer oficinas especializadas para manutenção, que é quase exclusiva nas concessionárias devida à garantia; • Possível alto custo na manutenção das baterias no longo prazo; • Requer estação de recarga;
------------------------------------	--	--

Fonte: Os Autores

6. CONCLUSÃO

Com base no objetivo do artigo em realizar uma análise técnica e de viabilidade entre um único modelo de mesma plataforma e modelo de veículo que possua os três tipos de propulsão disponíveis para o consumidor no mercado, sendo eles os motores a combustão, híbrido e elétrico, constatou-se que no atual mercado nacional ainda não se possui este cenário. Apesar de já existir automóveis nas três categorias de motorização mencionadas no mercado brasileiro, nenhum destes três modelos de motorização são disponibilizados em uma única plataforma, em um único modelo ou até mesmo da mesma montadora. Observou-se ainda que, mesmo que se tenha algo conjunto de uma plataforma compartilhada nos modelos, apenas apresenta-se opções de motorização a combustão ou híbrida, como por exemplo o Toyota Corolla, a combustão ou elétrica como a família Mini Cooper, híbrida ou elétrica como a atual linha da família Volvo XC. Diante disso, através de pesquisas no mercado automotivo internacional, observou-se no cenário norte-americano a família do modelo Ford F-150, que se destaca por oferecer as três opções de motorização em uma única plataforma disponível para venda ao consumidor, permitindo que o foco entre a comparação nos diferentes tipos de motores recaia de forma mais coesa e exclusiva, tornando-se um modelo ideal para a análise comparativa proposta neste artigo conclui-se que em síntese, a discussão sobre a viabilidade técnica e econômica entre os veículos MCI, híbridos e elétricos para questões ambientais e de mobilidade é complexa e abrange diversos aspectos. Mesmo que a análise aponte, cada veículo possui seus benefícios consideráveis, como por exemplo a redução das emissões de gases poluentes e a independência do petróleo nas versões elétricas, a capacidade de carga elevada na versão a combustão e facilidade para o abastecimento, ou até mesmo um melhor *payback* simples econômico na versão híbrida, em todos os modelos, existem desafios a serem superados, seja em infraestrutura, aceitação no mercado ou até mesmo possível a potencial substituição de um modelo mais conhecido e popular. Questões como o maior custo de aquisição, a necessidade de infraestrutura de recarga, a limitada autonomia das baterias, a preocupação ambiental relacionada à produção e descarte das baterias são também obstáculos

significativos nas versões eletrificadas no longo prazo. Todos os modelos possuem suas vantagens e desvantagens, sendo que provavelmente cada consumidor irá escolher o modelo que melhor atende, desde que tenha disponível no mercado.

Neste artigo não foi considerado, mas vale destacar que a importância de incentivos governamentais, incluindo isenções fiscais, subsídios e investimentos em infraestrutura também ajudam para impulsionar a adoção dos veículos híbridos e elétricos. Além disso, existe a necessidade de avanços na tecnologia das baterias, visando maior durabilidade, capacidade de armazenamento e métodos sustentáveis de reciclagem. A compreensão e aceitação por parte dos consumidores, juntamente com a ampliação do conhecimento e avanço sobre a tecnologia, são consideradas fundamentais para a popularização dos veículos híbridos ou elétricos.

Apesar de o conceito de carros híbridos e elétricos terem seu histórico de anos, ainda possuem a sua tecnologia em ascensão, com seus desafios, no qual estudos futuros que ampliem a amostragem ou considerem também carros com outros tipos de biocombustíveis e outras tecnologias que podem estar sendo desenvolvidas podem alterar o cenário no mercado atual, juntamente da viabilidade técnica, eficiência energética, impacto ambiental e viabilidade financeira, em que uma análise mais profunda e detalhada pode-se também apresentar dados mais expressivos. Debates sobre a transição entre veículos mais sustentáveis continua sendo de alta importância para o entendimento do mercado, maior facilidade na aceitação pública, e desenvolvimento de políticas públicas e estratégias que possam promover uma mobilidade mais amigável ao meio ambiente a longo prazo.

O tempo aqui investido é profundamente introspectivo. Não apenas envolve o trabalho com pesquisas e tarefas do estudo, mas também implica em assumir o papel de protagonista do caso em situações da vida real – a pessoa que está encarregada de tomar essas decisões difíceis entre vários contextos e diferenças apresentadas, abordando um problema específico.

Apresentar pontos de vantagens e desvantagens entre os modelos aumentando a relevância do tema e enriquecendo a facilidade na informação da comparação e a importância da abordagem em questão na discussão é um dos pontos desta análise, levando em consideração que cada um pode tirar uma conclusão a depender da origem, experiências, habilidades, estilo, ou que se reflete internamente, corroborando que se pode observar com os pontos relevantes e ferramentas apresentadas desfechos diferentes dentro de um mercado, seja automotivo, industrial, técnico ou financeiro,

Ainda vale destacar que segundo um método de estudo de Harvard Business, frequentemente executivos ficam surpresos ao perceber que o objetivo de um estudo teórico de caso não é alcançar um consenso, mas sim compreender como diferentes indivíduos utilizam a mesma informação para chegar em conclusões diferentes. É quando se começa a compreender contextos, que se cria valor e enfim pode avaliar as razões por trás de decisões a serem tomadas, abrindo a possibilidade de se preparar para discussões de casos em diversas maneiras e áreas.

Por fim, foi desenvolvido conjunto do artigo um aplicativo na plataforma Glide, em fase de Minimum Viable Product (MVP), com a finalidade de auxiliar os vendedores e os potenciais compradores na escolha do veículo conforme as

necessidades individuais de cada usuário. O aplicativo permite que o consumidor coloque dados específicos com relação ao tipo de uso do veículo em questão e por meio do algoritmo embutido no qual realiza-se uma análise destes dados e proporciona ao final uma recomendação correlacionada a comparação técnica e sua aplicabilidade.

A iniciativa do aplicativo busca além de apresentar informações técnicas de forma clara e concisa, proporcionar uma experiência interativa e personalizada para o cliente na decisão, contribuindo no curto e longo prazo do comprador na precedência e satisfação da mesma. Tem aplicabilidade prática no cenário real comercial, contribuindo para a eficiência durante o processo de venda além de integrar conhecimento técnico com soluções práticas que atende as demandas além de ser uma ferramenta que ajude na aceitação e escolha entre os modelos de motores no setor do mercado automotivo.

Figura 3 – Aplicativo: Ford Calculator (MVP)



Fonte: Glide Apps

7. REFERÊNCIAS

- Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Dados Estatísticos para Download**. ANFAVEA. Disponível em: < <https://anfavea.com.br/site/edicoes-em-excel/> >. São Paulo. Acesso em: 21.09.2023.
- AVILA, A. (org.). **Matemática Financeira e Engenharia Econômica**. Florianópolis: Programa de Educação Tutorial da Engenharia Civil – UFSC, Santa Catarina. 2013.
- AUTO ESPORTE. **Os 25 Carros Elétricos Mais Vendidos do Brasil em 2023; Volvo Lidera**. Globo. Disponível em: < <https://autoesporte.globo.com/eletricos-e-hibridos/noticia/2023/09/os-25-carros-eletricos-mais-vendidos-do-brasil-em-2023-volvo-lidera.ghtml> >. Acesso em: 29.11.2023.
- AUTO ESPORTE. **Toyota Corolla 2024; preços, versões e equipamentos**. Disponível em: < <https://autoesporte.globo.com/ancamentos/noticia/2023/09/toyota-corolla-2024-tem-painel-digital-e-preco-ultrapassa-os-r-200-mil-veja-versoes-e-itens-de-serie.ghtml> >. Acesso em: 17.12.2023.
- BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. **Veículos Elétricos: História e Perspectivas no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 33, p. 207-224, mar. 2011., Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. 2011.
- BRASIL ESCOLA. **Consumo De Combustível De Um Automóvel**. UOL. Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/matematica/calculo-consumo-combustivel-um-automovel.htm> >. Acesso em: 29.11.2023.
- BRUNETTI, F. **Motores de Combustão Interna**. Editora Edgar Blücher, São Paulo. 2012.
- CANAL DA PEÇA. **Ford F-150 2021 será importada com motor V6 híbrido**. Canal da Peça. Disponível em: < <https://www.canaldapeca.com.br/blog/ford-f-150-com-motor-v6-hibrido/> >. Acesso em: 29.11.2023.
- CAR AND DRIVER. **2024 Ford F-150 LARIAT 4WD SuperCrew 6.5' Box Features and Specs**. Disponível em: < https://www.caranddriver.com/ford/f-150/specs/2024/ford_f-150_for_d-f-150_2024/448784 >. Acesso em: 29.11.2023.
- CAR AND DRIVER. **What is Average Mileage Per Year**. Elizabeth Rivelli. Disponível em: < <https://www.caranddriver.com/auto-loans/a32880477/average-mileage-per-year/> >. Acesso em: 24.02.2023.
- CARARAC.COM. **Emissions for the Ford F-150**. Disponível em: < <https://cararac.com/emissions/ford/f-150.html> >. Acesso em: 04.12.2023.
- CARVALHO, M. M.; LAURINDO, F. J. B. **Estratégia Competitiva: Dos Conceitos à Implementação – 2ª Edição**. Editora Atlas, São Paulo. 2010.
- CARVALHO, Y. A.; GONÇALVES, L. M.; CIPRIANO, R. Z.; MACEDO, F. A. S. **Viabilidade Econômica Dos Veículos Híbridos: Uma Análise Comparada Baseada No Payback**. ENEGEP, Foz do Iguaçu. 2020.
- Federal Highway Administration. **Average Annual Miles per Driver by Age Group**. FHWA. Disponível em: < <https://www.fhwa.dot.gov/ohim/onh00/bar8.htm> >. Washington. Acesso em 15.11.2023.
- FORD. **Explore F-150® King Ranch**. Ford Motor Company. Disponível em: < <https://www.ford.com/trucks/f150/models/f150-king-ranch/?gnav=vhpnav-specs> >. Acesso em 29.11.2023.
- FORD. **Explore F-150® Limited**. Ford Motor Company. Disponível em: < <https://www.ford.com/trucks/f150/models/f150-king-ranch/?gnav=vhpnav-specs> >. Acesso em 29.11.2023.
- FORD MEDIA CENTER. **Ford Apresenta A Nova F-150, A Picape Mais Potente, Tecnológica E Inovadora Da Categoria**. Disponível em: < <https://media.ford.com/content/fordmedia/fsa/br/pt/news/2020/06/26/ford-apresenta-a-nova-f-150--a-picape-mais-potente---tecnologica-.html> >. Acesso em: 29.11.2023.
- FORD MOTOR COMPANY. **2021 F-150 – Technical Specifications**. Ford Motor Company. Disponível em: < <https://media.ford.com/content/dam/fordmedia/North%20America/US/product/2021/f150/pdfs/2021-F-150-Technical-Specs.pdf> >. Acesso em 12.10.2023.

- FORD MOTOR COMPANY. **2022 F-150 Lightning – Technical Specifications**. Ford Motor Company. Disponível em: < https://media.ford.com/content/dam/fordmedia/North%20America/US/product/2022/f-150-lightning/pdf/F-50_Lightning_Tech_Specs.pdf >. Acesso em 12.10.2023.
- FREITAS, L. F. S.; MEDEIROS, K. S. **Sustentabilidade Veicular: O Uso De Veículos Elétricos E Híbridos**. Brazilian Journal of Development, v.7, n.8, p. Curitiba. 2021.
- HASHEMNI, N.; ASAEI, B. **Comparative Study Of Using Different Electric Motors In The Electric Vehicles**. In: IEEE. Electrical Machines, 2008. ICEM 2008. 18th International Conference on. [S.l.], 2008.p.1–5.
- HARVARD BUSINESS SCHOOL. **What is the Case Study Method?** Disponível em: < <https://www.exed.hbs.edu/hbs-experience/learning-experience/case-study-method> >. Acesso em: 04.12.2023
- HONORATO, T. P. **Estudo Dos Parâmetros De Desempenho De Um Motor Ciclo Otto Relacionado A Segurança Veicular No Tráfego Urbano**. Universidade Federal De Pernambuco, Recife. 2021.
- HOYER, K. G. **The History of Alternative Fuels in Transportation: The Case of electric and Hybrid Cars**. Utilities Policy. S/I: Elsevier. 2008.
- ISTO É DINHEIRO. **Ram cresce 336% no Brasil e puxa mercado de picapes grandes e de luxo**. Disponível em: < <https://istoediheiro.com.br/ram-cresce-336-no-brasil-e-puxa-mercado-de-picapes-grandes-e-de-luxo/> >. Acesso em: 04.12.2023.
- ITAIPU BINACIONAL. **Veículos Elétricos**. ITAIPU Binacional. Disponível em: < <https://www.itaipu.gov.br/tecnologia/veiculos-eletricos> >. Paraná, Acesso em: 12.10.2023.
- INSIDEEVS. **Picape elétrica Ford F-150 tem autonomia e detalhes revelados**. Francesco Barontini, UOL. Disponível em: < <https://insideevs.uol.com.br/news/556065/picape-eletrica-ford-f150-autonomia/> >. Acesso em: 29.11.2023.
- ISEECARS. **How Long Do People Keep Their Cars?** Julie Blackley. Disponível em: < https://www.iseecars.com/how-long-people-keep-cars-study?_isctk=12hvdv >. Acesso em: 24.11.2023.
- JORNAL O GLOBO. **Chega ao Rio o Automóvel Elétrico que Será Atração no Desfile de Calhambeques**. Editora O Globo. Disponível em: < <https://oglobo.globo.com/acervo/> >. Rio de Janeiro. Acesso em: 12.10.2023.
- MENESES, R. R. **Análise econométrica associada à operação de uma frota de veículos elétricos e híbridos em comparação com veículos Movidos à combustão**. Universidade de Brasília – UnB, Brasília. 2022.
- MITUTO SEGUROS. **13 Picapes mais vendidas do Brasil em outubro de 2023**. Disponível em: < <https://www.minutoseguros.com.br/blog/picapes-mais-vendidas-brasil/#:~:text=O%20mercado%20de%20picapes%20no%20Brasil%20apresenta%20crescimento%20de%202011,participa%20C3%A7%C3%A3o%20de%202027%2C96%25.> >. Acesso em: 04.12.2023.
- MOTOR1. **Nova Ford F-150 2021 é híbrida, dirige sozinha e deve vir ao Brasil**. UOL. Disponível em: < <https://motor1.uol.com.br/news/430576/nova-geracao-ford-f-150-2021-hibrida-detalhes-motores/> >. Acesso em 29.11.2023.
- MOTOR SHOW. **Mini Cooper SE Conversível Acelera No Verão Do Hemisfério Norte; Conheça**. Disponível em: < <https://motorshow.com.br/mini-cooper-se-conversivel-acelera-no-verao-do-hemisferio-norte-conheca/> >. Acesso em: 17.12.2023.
- NOGUEIRA, E. **Introdução à Engenharia Econômica**. São Carlos. EdUFSCar. 2013.
- OLIVEIRA, D. D. S.; MARTINS, H. C.; KASTRUP, M. M. **Análise Comparativa Entre Veículos Automotivos Elétricos, Híbridos E Downsizing De Motores**. CEFET Celso Suckow Da Fonseca, Rio De Janeiro. 2022.
- PIMENTEL, P. F. B.; OLIVEIRA, T; **Análise Comparativa de Incentivos e Viabilidade para o uso de Veículos movidos à Energia Elétrica**. Universidade Federal de São Paulo, Santos. 2019.
- PORCHERA, G. et al. **Vantagens e Barreiras à Utilização de Veículos Elétricos**. VIII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende, 2016.
- PORTER, M. E. **How competitive forces shape strategy**. Harvard Business Review, v. 57, n. 2 1979. Disponível em: < <https://hbr.org/1979/03/how-competitive-forces-shape-strategy> >. Acesso em: 29.11.2023.
- PORTER, M. E. **Competição: Estratégias Competitivas Essenciais**. Editora Campus, Rio de Janeiro. 1999.
- PORTER, M. E. **The Five Competitive Forces That Shape Strategy**. Harvard Business Review, Boston. 2008.
- PROPFE, B.; REDELBACH, M.; SANTINI, D. J.; FRIEDRICH, H.; **Cost analysis of Plug-in Hybrid Electric Vehicles including Maintenance & Repair Costs and Resale Values**. EVS26 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium. Los Angeles, 2012.
- QUATRO RODAS. **Volvo XC40 Elétrico Ganha Versão Mais Barata Que Compass Híbrido**. Disponível em: < <https://quatrorodas.abril.com.br/carros-eletricos/volvo-xc40-eletrico-ganha-versao-mais-barata-que-compass-hibrido> >. Acesso em: 17.12.2023.
- THE ZEBRA. **Survey: Average length of car ownership in America**. Susan Meyer. Disponível em: < <https://www.thezebra.com/resources/driving/average-length-of-car-ownership/> >. Acesso em: 01.09.2023.
- TRADING ECONOMICS. **United States Gasoline Prices**. Trading Economics. Disponível em: < <https://tradingeconomics.com/united-states/gasoline-prices> >. Acesso em 15.11.2023.
- TUPINAMBÁ ENERGIA. **Bateria de Carro Elétrico: o que são, tipos, como funcionam e muito mais!** Disponível em: < <https://tupinambaenergia.com.br/bateria-de-carro-eletrico/> >. Acesso em: 29.11.2023.
- U.S. Energy Information Administration. **U.S. residential electricity bills increased 5% in 2022, after adjusting for inflation**. EIA. Disponível em: < <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=56660> >. Acesso em: 15.11.2023.
- UFPEL. **Motores A Combustão Interna**. Disponível em: < <https://wp.ufpel.edu.br/mlaura/files/2013/01/Apostila-de-Motores-a-Combustão-Interna.pdf> >. Acesso em: 01.12.2023.