



VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO EM UM VEÍCULO ELÉTRICO COMO ALTERNATIVA À AQUISIÇÃO DE UM VEÍCULO A COMBUSTÃO: UM ESTUDO DE CASO

Jose Candido Brito Neto (Universidade Federal do Ceará) candidobrito2018@gmail.com
Lucas da Silva Fernandes (Universidade Federal do Ceará) lucasfernandes540@gmail.com
Lucas Farias de Sousa (Universidade Federal do Ceará) lucasfs.316@gmail.com
Mauro Vitor da Costa Silva (Universidade Federal do Ceará) maurovitor2001@hotmail.com
Maxweel Veras Rodrigues (Universidade Federal do Ceará) maxweelveras@gmail.com

Resumo

Os sucessivos aumentos no preço da gasolina e a emissão dos gases de efeito estufa (GEE), gerados pela utilização desse fluido, são fatores que fragilizam a competitividade dos carros a combustão interna, principalmente quando a utilização de veículos elétricos vem sendo pautada como uma resposta para frear as mudanças climáticas ocorridas no mundo. O presente estudo tem caráter exploratório e de pesquisa aplicada, objetivando analisar a viabilidade econômica do investimento em um veículo elétrico em detrimento de um carro com motor a combustão interna, no Brasil. Para fins comparativos, os veículos escolhidos são equiparados em relação a potência (cv) de seus motores. Foi determinada uma base para quilometragem anual utilizada, formulado os custos envolvidos na aquisição e manutenção dos veículos, de modo a compará-los pelos indicadores: Valor Presente Líquido e Custo Anual Equivalente. Após a análise, concluiu-se que, devido ao investimento inicial, a aquisição de um carro elétrico no Brasil ainda é economicamente inviável, mesmo que seu custo anual seja expressivamente menor que o do carro com motor a combustão interna. Entretanto, se o comprador optar por abrir mão da potência em prol do ganho ambiental, a discrepância entre as alternativas seria atenuada.

Palavras-Chaves: Carro à combustão; Carro elétrico; VPL; CAE.

1. Introdução

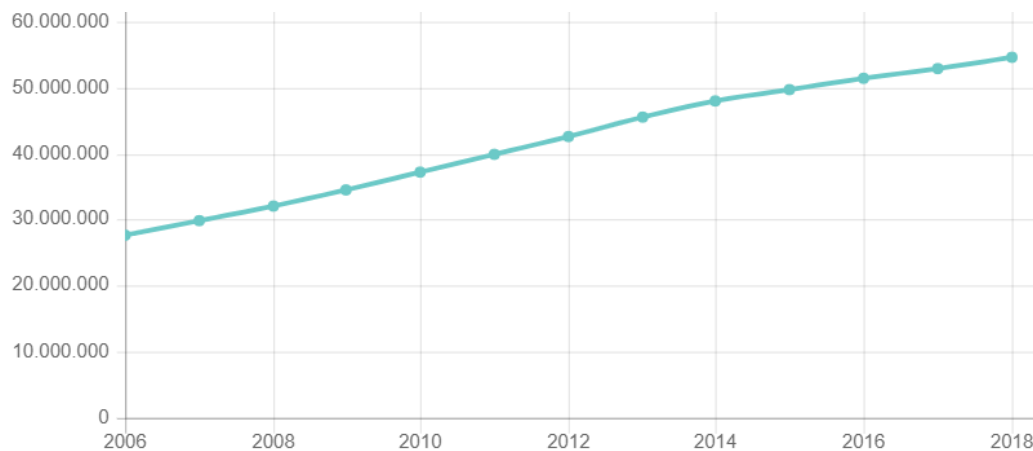
Com mais de um século de existência e sendo adquiridos em larga escala, a utilização de carros a combustão interna, movidos a gasolina, vem demonstrando fragilidades competitiva quando comparados a automóveis com motor elétrico. Essa fragilidade fundamenta-se, principalmente, nos reajustes de preço do combustível e as descobertas acerca dos males que a utilização desse fluido gera ao meio ambiente.

No cenário brasileiro atual, os valores da gasolina são flutuantes, isso ocorre por causa de uma medida política implantada em 2016, o preço de paridade internacional (PPI). “Quando foi estabelecida a nova política de preços, eles chegaram a variar quase que diariamente, seguindo a flutuação do mercado internacional.” (CARRANÇA, 2021). Além do PPI, a formação de preço da gasolina considera o ICMS, CIDE, PIS/PASEP, COFINS e a taxa para distribuição e revenda, tornando o reajuste no valor final crescente.

Como supracitado, além da problemática monetária envolvida na utilização desse combustível, existe outra questão que, sob uma perspectiva de futuro, acaba tendo um peso maior na busca por alternativas de transporte. No processo de transformação desse fluido em energia para locomoção, os veículos acabam por expelir gases tóxicos, dentre eles o CO₂ – um dos gases de efeito estufa (GEE) – que é apontado em diversas pesquisas científicas como o principal agente na mudança climática mundial.

Dessa forma, “Uma vez que o setor de transporte contribui com 14% das emissões mundiais de CO₂, e representa 22,8% especificamente no caso do Brasil, é fácil perceber a importância da redução da emissão dos GEE do setor [...]” (LEAL; CONSONI, 2021). A tarefa torna-se mais difícil quando se analisa a crescente demanda do setor automotivo no País – como mostrado na figura 1.

Figura 1 – Crescimento do número de automóveis em território brasileiro entre 2006 e 2018



Fonte: IBGE (2021)

Com isso, os veículos elétricos (EV) ganham espaço como uma alternativa sustentável e viável, uma vez que podem dispensar a utilização de combustíveis, e assim, zerar a emissão de CO₂ e outros GEE. Entretanto, vale ressaltar que, por se tratar de uma nova tecnologia, atualmente os EVs possuem um custo de aquisição mais elevado, mas que com o crescimento de mercado e as evoluções tecnológicas isso tende a atenuar.

Este artigo analisa a viabilidade econômica da aquisição de um EV em detrimento de um automóvel que utiliza combustão interna. Assim como Leal e Consoni (2021), por questões objetivas, desconsiderou-se a possibilidade do indivíduo utilizar outros meios sustentáveis para locomoção – como o transporte coletivo e que exigem esforços físicos – e o não-transporte, o processo de fabricação de um EV e de sua bateria, a capacidade da matriz energética suportar o consumo elétrico dos veículos.

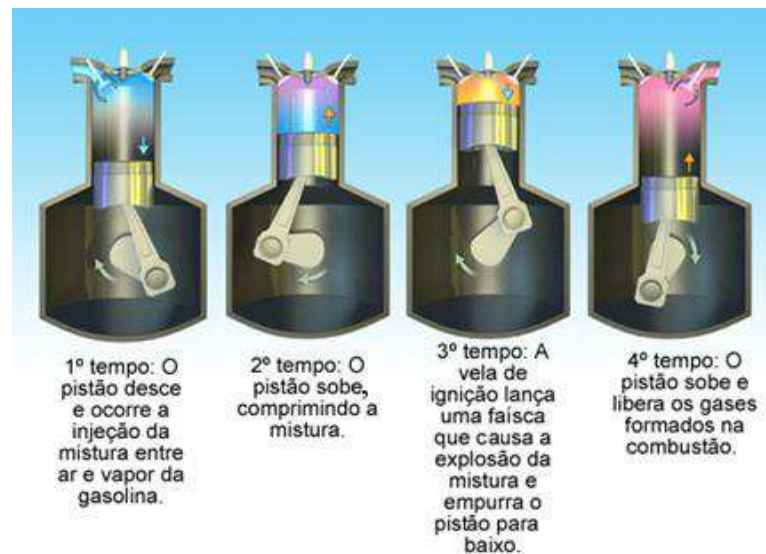
2. Fundamentação teórica

2.1. Motores a combustão

Os motores a combustão interna podem funcionar utilizando gasolina, diesel ou ambos. Neste artigo, serão abordados apenas os motores movidos a gasolina, uma vez que este combustível é determinante para análise econômica comparativa em questão.

O funcionamento desse motor ocorre em 4 tempos, transformando energia térmica em trabalho. Inicialmente, a gasolina entra com ar na câmara do motor, o movimento do pistão comprime essa mistura até chegar no PMS (ponto morto superior) em que uma vela de ignição acenderá uma faísca que gerará uma explosão. O esquema de funcionamento está representado na figura 2 a seguir.

Figura 2 – Esquema de tempos no funcionamento de um motor a gasolina



Fonte: Mundo Educação (Fogaça, 2021)

2.2. Carros elétricos

Os EVs são modelos de veículos caracterizados pela presença de um motor elétrico. Atualmente, existem 3 tipos de EVs, os *Battery Electric Vehicle (BEV)*, que têm como combustível a energia elétrica de baterias; Os *Hybrids Electric Vehicle (HEV)*, que são modelos possuidores de motor elétrico e à combustão. Além desses, existem os *Plug-in Hybrid (PHEV)* que é parecido com os *HEVs*, mas além do abastecimento por gasolina, pode ser abastecido diretamente pela energia elétrica. A figura 3, a seguir, mostra um comparativo:

Tabela 1 – Comparativo entre tipos de veículos

| Item | ICE | BEV | HEV | PHEV |
|------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|--|
| Motor | Combustão | Elétrico | Combustão + elétrico | Combustão + elétrico |
| Baterias | - | Sim, muitas | Sim, capacidade menor | Sim, capacidade menor |
| Preço por KM | O mais alto | Muito baixo | Baixo | Baixo |
| Abastecimento | Posto de combustível | Carregador / Tomada | Posto de Combustível | Posto de combustível / Carregador / Tomada |
| Custo da manutenção | Médio | Muito baixo | Muito alto | Alto |
| Tempo de abastecimento | Poucos minutos | 3 a 10 horas | Poucos minutos | 1 a 3 horas |
| Emite gases | Sim | Nenhum | Sim | Sim |
| Exige troca de óleo | Sim | Não | Sim | Sim |

Fonte: Elaborado pelos autores adaptado de Matted

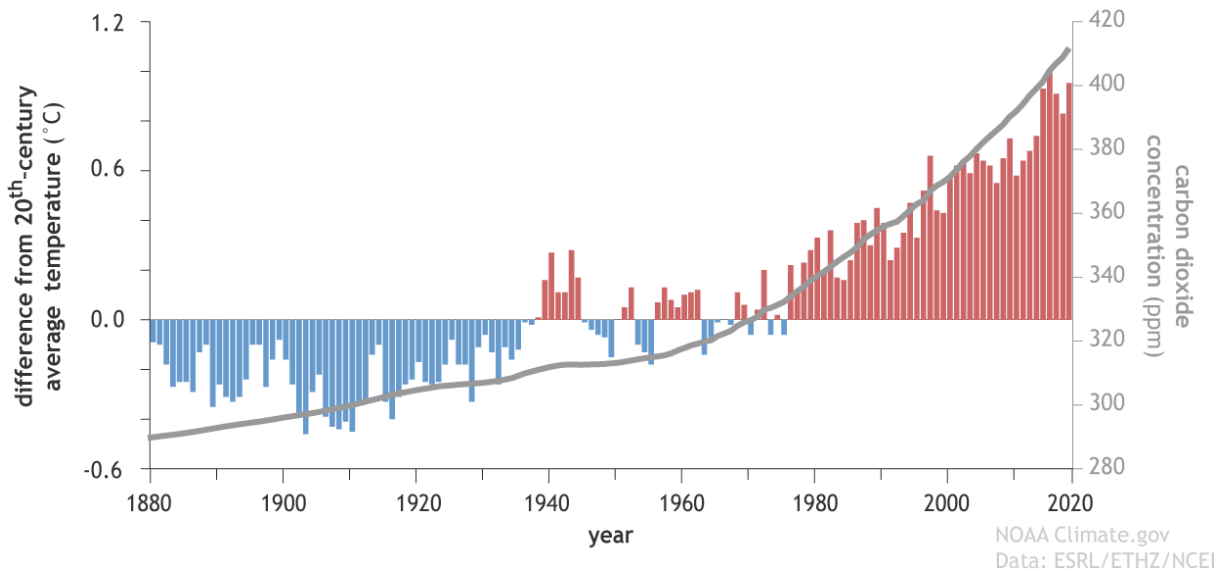
2.3. CO₂ e as mudanças climáticas

O CO₂ está relacionado às mudanças climáticas, que além de contribuir com aumento da temperatura, causam alterações nos padrões de pluviosidade e eventos extremos como furacões, entre outros ainda não facilmente previsíveis (LEAL, CONSONI, 2021). Apesar desse gás ser também produzido por ações naturais, como vulcões em erupção, muitos estudos estimam que, desde a primeira revolução industrial, a terra vem recebendo crescentes quantidades de CO₂ pela ação antrópica.

Analisando estudos acerca da temperatura da terra e as estimativas das emissões desse gás de efeito estufa, observa-se que essas duas variáveis parecem correlacionar-se, como demonstrado na figura 4. Como estima-se que o setor de transporte é responsável por 14% das emissões de CO₂ no mundo, podem-se aferir que os veículos que se utilizam da combustão interna são grandes agentes das mudanças climáticas.

Figura 4 – Dióxido de carbono na atmosfera x Temperatura da terra de 1890 a 2019

Atmospheric carbon dioxide and Earth’s surface temperature (1880-2019)



Fonte: NOAA (2020)

2.4. Valor presente líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) é o somatório de todos os valores - entradas e saídas - de um fluxo de caixa - portanto, isso significa que será considerado o saldo final no período zero considerando uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) - subtraído do investimento inicial. Os autores o definem como sendo o método mais utilizado para análise de viabilidade para um investimento. (SOUSA A.; CLEMENTE, 2009).

A seguir, observa-se a fórmula do VPL:

Figura 5 – Fórmula do VPL

$$VPL_{(i)} = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - I_0 \quad (1)$$

Fonte: MELLO, 2015

Um projeto é considerado atraente quando o VPL calculado é maior que zero. Quando igual a zero é indiferente a aceitação do projeto, portanto, será necessário analisar também o custo de oportunidade de outros projetos. Ademais, quando será menor que 0, determinará que existirá destruição de valor, não sendo uma boa decisão de investimento.

Conceitualmente, o VPL é o valor presente da alteração na riqueza ou patrimônio do investidor, caso ocorra a execução do projeto. Portanto, o VPL indicará em valores absolutos quanta geração ou destruição de riqueza será gerada, caso o projeto seja executado em comparação ao que não seja.

2.5. Custo Anual Equivalente

Ainda, será utilizado o Custo Anual Equivalente (CAE). Este indicador é bastante empregado quando se comparam projetos que irão trazer benefícios, mas são de difícil valorização. Assim, será possível identificar qual das alternativas comportará maior economia, ou seja, qual será a alternativa de menor custo para obter determinados resultados.

Portanto, trazendo essa visão de forma conceitual, segundo Botteon, é o valor atual que atualiza os custos do projeto, incluindo os custos de oportunidade dos fatores produtivos próprios. O custo anual equivalente resulta da transformação do fluxo de todos os custos do projeto num fluxo anual uniforme.

É possível verificar uma relação do VPL, que será indicado como Valor Presente dos Custos (VPC), e o CAE, na seguinte fórmula, onde n é o tempo de duração do projeto e r é a taxa de desconto anual. A seguir, observa-se a fórmula que relaciona o VPL e o CAE, na figura 6.

Figura 6 – Fórmula que relaciona VPL e CAE

$$CAE = VPC \cdot \frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \quad (2)$$

Fonte: BOTTEON, 2009

Assim, caso o objetivo seja analisar a alternativa de menor custo de projetos não repetitivos, o correto será o selecionar pelo menor VPC. No entanto, caso o escopo seja encontrar o menor custo de projetos repetitivos, tem-se que considerar o menor CAE.

3. Metodologia

Este trabalho se justifica pela análise da viabilidade econômica do investimento em um carro elétrico, que se apresenta como alternativa em um contexto de sucessivos aumentos no preço

dos combustíveis para carros à combustão e, não menos importante, de preocupação e desejo global em diminuir a emissão de poluentes atmosféricos.

O estudo realizado é de caráter exploratório, que envolve, na maioria dos casos: levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que "estimulem a compreensão" (GIL *et. al*).

Quanto ao tipo de pesquisa, podemos classificá-la como Pesquisa aplicada, que segundo Thiollent (2009 apud FLEURY; WERLANG; 2017, p. 11) responde a uma demanda formulada por “clientes, atores sociais ou instituições”.

Inicialmente, foi feita uma fundamentação teórica sobre o tema abordado, assim como uma revisão da literatura de trabalhos relacionados ao tema proposto neste estudo e, baseado nisso, desenvolveu-se o direcionamento para a pesquisa e coleta de dados necessários à realização da análise de viabilidade econômica em estudo.

A situação é a de um indivíduo que deseja comprar um carro, tem um forte senso de responsabilidade ambiental e, por isso, especula sobre a compra de um carro elétrico, no entanto, deseja avaliar a viabilidade econômica da compra no Brasil. O indivíduo faz o percurso casa-trabalho, trabalho-casa diariamente e dirige ligeiramente menos aos finais de semanas e durante as férias, considerando, ainda, uma viagem de férias anual de 180km.

Ademais, cumpre destacar que para a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) será considerada a taxa básica de juros da Selic de 4% prevista para o final de 2021, segundo o Relatório de Mercado do Banco Central do Brasil de março de 2021 (FOCUS, 2021).

Para o preço da gasolina será utilizado o valor médio por litro de fevereiro de 2021 segundo o site Época Negócios de R\$ 5,16. Foi considerado o preço do kWh como sendo R\$ 0,53419/kWh, tomando como base o site da ENEL. Ademais, em relação aos custos que envolvem a aquisição e a manutenção do carro próprio, como: valor de compra do automóvel, gastos com revisão do veículo, IPVA, consumo médio de combustível e a desvalorização do veículo, sem considerar o zelo do proprietário. Ainda, os custos serão considerados baseados em um cenário otimista, em que não ocorrem problemas além das revisões básicas que poderiam aumentar o valor despendido com manutenção do veículo. (RODRIGUES *et. al.*, 2020)

Por último, cumpre destacar que será desconsiderado o custo do seguro do carro no cálculo do custo anual, uma vez que ainda não há facilidade para o acesso a seguro de carros elétricos no

país, tornando esse dado pouco preciso e transparente, desse modo optou-se por não utilizar, não sendo ele totalmente determinante para a análise.

4. Estudo de caso

4.1. Cálculo base para quilometragem anual

Neste tópico demonstra-se a como se chegou a um valor base de quilômetros percorridos durante o ano para calcular no uso de combustível e de eletricidade. A situação analisada é de um indivíduo que se desloca rotineiramente pelo trajeto casa-trabalho, trabalho-casa, incluindo algumas locomoções extras com esse percurso sendo de 40km, em média, durante as 48 semanas do ano (excetuando as férias), cinco dias por semana, ou seja, 9600km por ano no trajeto casa-trabalho.

Nos finais de semana e nas férias foram considerados distâncias de 30km/dia durante os 52 finais de semana do ano mais 20 dias de férias, além disso foi adicionado uma viagem de 180km por ano, assim sendo, cerca de 3900km por ano.

Isso gera um total anual de 13.500km por ano, valor que será usado como base no decorrer dos tópicos a seguir.

4.2. Custos envolvidos na aquisição e manutenção de um carro a combustão

4.2.1. Especificações técnicas

Para o estudo de caso, no que tange ao carro a combustão, foi realizada a análise dos gastos com aquisição e manutenção do modelo Hyundai HB20 1.6 AT Launch Edition 2020. As especificações mecânicas que vão auxiliar na análise, conforme podem ser observadas na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2 – Comparativo mecânica carro a combustão

| Ficha técnica | Álcool | Gasolina |
|---------------------------|--------|----------|
| Potência (cv) | 130 | 123 |
| Torque (kfg.m) | 16,8 | 16,3 |
| Velocidade máxima | 191 | 187 |
| Consumo cidade (km/l) | 7,8 | 11,5 |
| Consumo estrada (km/l) | 9,8 | 13,9 |
| Tempo (0-100s) | 10,5 | N/D |

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

4.2.2. Preço do modelo

Conforme a tabela FIPE (Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas) correspondente ao março de 2021, o veículo possui o preço de aquisição de R\$ 65.589,00 considerando a média dos veículos anunciados no Ceará.

4.2.3. Depreciação

No caso da depreciação, o cálculo foi feito segundo a equação 3:

$$D = (I - Vr) / Vu \quad (3)$$

Onde,

- I: Investimento inicial;
- Vr: Valor Residual;
- Vu: Vida útil.

Usando a porcentagem de 35% para o valor residual do veículo, consoante estudo realizado pela Internationale Nederlanden Group (ERIC, 2019), chega-se a R\$ 8526,57 por ano, ou seja, 13% de depreciação.

4.2.4. IPVA

Por outro lado, em relação ao IPVA (Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores), foi considerada a alíquota disponibilizada pela Secretaria da Fazenda do Estado do Ceará (G1,

2021) que apresenta o valor de 3% do valor venal do veículo - para o primeiro ano, o IPVA é de R\$ 1.967,67. Como esse valor do IPVA varia segundo o valor atual do veículo, é preciso calcular retirando a depreciação do valor inicial e calculando a porcentagem:

$$\text{IPVA} = [65.589,00 - (n-1) \times D] \times 3\% \quad (4)$$

Onde:

- n: Quantidade de anos;

- D: Depreciação.

4.2.5. Revisão

Quanto aos Custos com Revisão (CR) do veículo, segundo dados divulgados pela Hyundai (HYUNDAI, 2021), os valores a cada 10 km são os seguintes:

Tabela 3 – Plano de revisão HB20 1.6

| Quilometragem (km) | Preço (RS) |
|--------------------|------------|
| 10 mil | 227,18 |
| 20 mil | 485,37 |
| 30mil | 472,62 |
| 40 mil | 647,09 |
| 50 mil | 445,36 |
| 60 mil | 624,72 |

Fonte: Divulgação Hyundai, adaptada pelos autores

4.2.6. Custo anual

Assim, para o cálculo dos custos anuais do veículo a combustão foi feita a seguinte análise de gastos, ressaltando os aspectos a seguir:

- PC: Preço do carro;
- CR: Custo de revisão;
- C: Consumo médio de gasolina (em litros);
- D: Depreciação;
- GAG: Gasto Anual em gasolina.

Vale ressaltar que o gasto anual de gasolina terá uma incidência anual da Taxa de atratividade, conforme a taxa básica de juros Selic (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) já estabelecida anteriormente de 4%.

Portanto, a ideia é atualizar todos os valores para o futuro e encontrar um valor correspondente ao custo de ter um carro ao final de um ano. O aspecto GAG pode ser calculado da seguinte forma:

$$\mathbf{GAG = PMG \times 1/ C \times d} \quad \mathbf{(5)}$$

Onde,

- PMG: Preço Médio da gasolina (em reais);
- C: Consumo médio de gasolina (em litros);
- D: Distância percorrida (em quilômetros).

É possível atualizar este valor para o futuro por meio da equação 6:

$$\mathbf{VF = GAG \times (1 + i)^n} \quad \mathbf{(6)}$$

Onde, VF é igual a Valor Futuro.

Pode-se observar todos os gastos envolvidos na aquisição e manutenção de um carro à combustão na tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Custos envolvidos na aquisição de um carro a combustão

| Gasto | Valor |
|----------------------|----------------|
| Investimento inicial | R\$ 65.589,00 |
| Revisão | Vide tabela 3 |
| IPVA | Variável (R\$) |
| Depreciação | R\$ 8.526,57 |
| Gasolina Anual | 5,16 d/C |

Fonte: Elaborada pelos autores

Com isso, é possível comparar através de uma tabela com os dados dos custos anuais relativos ao carro a combustão ao longo da sua vida útil, baseando-se na quilometragem indicada no tópico 4.1:

Tabela 5 – Custos anuais do carro a combustão

| Ano | IPVA (R\$) | Revisão (R\$) | Gasolina (R\$) | Custo anual (R\$) |
|------------|-------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 65.589,00 |
| 1 | 1.967,67 | 227,18 | 6.299,69 | 8.494,54 |
| 2 | 1711,87 | 485,37 | 6.813,74 | 9.010,98 |
| 3 | 1456,08 | 647,09 | 7.086,29 | 9.189,46 |
| 4 | 1200,28 | 445,35 | 7.369,74 | 9.015,37 |
| 5 | 944,48 | 621,72 | 7.664,53 | 9.230,73 |

Fonte: Elaborado pelos autores

4.3. Custos envolvidos na aquisição e manutenção de um carro elétrico

4.3.1. Especificações técnicas

O EV escolhido para comparação foi o modelo Iev40 da marca JAC Motors, empresa chinesa de fabricante de automóveis, ônibus e caminhões, ele é um modelo básico/intermediário. Suas especificações técnicas são: 270NM de torque, 115CV de potência, equipado com uma bateria de 40kWh de capacidade; tem uma autonomia de 300 km, ou seja, consegue rodar 300 km com uma carga completa (MOTORS, 2021).

Os dados foram resumidos na tabela 6.

Tabela 6 - Especificações mecânicas carro elétrico

| Ficha Técnica JAC IeV 40 | |
|---------------------------------|------|
| Potência (cv) | 130 |
| Torque (kfg.m) | 27,5 |
| Velocidade máxima | 130 |
| Autonomia (km/carga total) | 300 |
| Tempo (0-100s) | 9,8 |

Fonte: (MOTORS, 2021)

4.2.2. Preço do modelo

Segundo as informações referentes a março de 2021 retirados do site da marca (MOTORS, 2021), o modelo JAC IeV 40, no Brasil, sai por R\$ 216.900. Também baseado nas informações publicadas pela marca, devido à ausência de câmbio, radiador, filtro de ar, filtro de óleo, filtro de combustível, sistema de escapamento, correias, velas, catalisador os valores de revisão e manutenção tornam-se consideravelmente mais baratos. No caso da revisão, a soma das despesas até 60.000km é de aproximadamente R\$650,00.

4.2.3. Depreciação

Tomando como base a fórmula para o cálculo da depreciação, usa-se a porcentagem de 40% para o valor residual do veículo baseado no estudo realizado pela Internationale Nederlanden Group (ERIC, 2019). Logo, por meio de (3), a depreciação é de R\$ 26.028,00 para o carro elétrico, 12 % do valor inicial do veículo.

4.2.4. IPVA

Para cálculo do IPVA, foi considerado a alíquota disponibilizada pela Secretaria da Fazenda do Estado do Ceará (G1, 2021) que determina, para EVs, o valor de 0,5% do valor venal do veículo. Com isso, obtém-se o valor de R\$1.084,50 de IPVA, para o primeiro ano.

4.2.5. Revisão

Outro ponto que é preciso analisar são os gastos com revisão do veículo, segundo o site da JAC Motors (MOTORS, 2021), os valores de revisão a cada 10km são os seguintes:

Tabela 6 – Preços de revisão JAC IeV 40

| Quilometragem (km) | Valor (RS) |
|--------------------|------------|
| 10.000 | 59,90 |
| 20.000 | 169,90 |
| 30.000 | 59,90 |
| 40.000 | 219,90 |
| 50.000 | 59,90 |
| 60.000 | 169,90 |

Fonte: Adaptado de MOTORS (2021)

4.2.6. Abastecimento

No que se refere a custos com abastecimento, utilizou-se a lógica que será apresentada a seguir. Segundo a empresa JAC Motors (MOTORS, 2021), utilizando o equipamento Wallbox, a

recarga do veículo demora em média 8 horas para ser feita. Considerando-se que será utilizado o dispositivo Wallbox, o qual necessita de um investimento de R\$7.000, para a recarga do veículo. A potência máxima das tomadas convencionais é de 2200W, logo, a cada 300km será necessária uma recarga total – 17,6k. Para cada carga é necessário 17,6kWh de energia. Ainda, com base nos dados disponibilizados no site da ENEL (ENEL, 2021), a taxa em uma determinada capital brasileira é de R\$0,53419/kWh, o que leva ao valor de R\$9,40 por carga

Com esses dados, o gasto anual com recarga, pode ser calculado pela equação da seguinte forma - para que sejam acompanhados os preços ao longo dos anos, considera-se o ajuste da taxa básica de juros de 4% utilizada aqui, logo, o custo com carga pode ser obtido pela equação (7).

$$CC = D/300 \times R\$9,40 \times (1 + 0,04)^n \quad (7)$$

Onde

- n: quantidade de anos;
- CC: Custo de carga;
- D: Distância percorrida.

4.3.7 Custo anual

Assim, a partir dos gastos pontuados, os dados considerados são elencados a seguir:

Tabela 8 – Custos envolvidos em um carro elétrico

| Gasto | Valor (R\$) |
|----------------------|-----------------------------------|
| Investimento inicial | 216.900 |
| Wallbox | 7.000 |
| Revisão | Tabela 7 |
| IPVA | Variável (tópico 4.3.4.) |
| Depreciação | 26.028 |
| Carga | $D/300 \times 9,40 \times 1,04^n$ |

Fonte: Elaborada pelos autores

A partir disso é possível calcular os custos anuais relativos ao EV ao longo da sua vida útil, baseando-se na quilometragem indicada no tópico 4.1:

Tabela 9 – Custo anuais do carro elétrico

| Ano | IPVA (R\$) | Revisão (R\$) | Carga (R\$) | Custo anual (R\$) |
|-----|------------|---------------|-------------|-------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 223.900 |
| 1 | 1.084,50 | 59,90 | 439,92 | 1.584,32 |
| 2 | 954,36 | 169,90 | 457,52 | 1.581,78 |
| 3 | 824,22 | 279,80 | 475,82 | 1.579,84 |
| 4 | 694,08 | 59,90 | 494,85 | 1.248,83 |
| 5 | 563,94 | 169,90 | 514,64 | 1.248,48 |

Fonte: Elaborado pelos autores

O valor do investimento inicial foi feito adicionando o preço do veículo ao preço da Wallbox.

4.4. Comparativo entre as alternativas

Agora, sabendo os custos anuais para cada modelo, resumidos na tabela 4 para o carro a combustão e na tabela 8 para o EV pode-se usar a metodologia do CAE e do VPL para comparar as alternativas sob o ponto de vista econômico, vale ressaltar que foi adicionado o valor residual dos veículos após o término do horizonte de análise. O fluxo de saídas pode ser observado na Tabela 10, a seguir:

Tabela 10 – Fluxos de saída

| Período (anos) | Fluxo carro elétrico (R\$) | Fluxo carro a combustão (R\$) |
|----------------|----------------------------|-------------------------------|
| 0 | (223.900,00) | (65.589,00) |
| 1 | (1.584,32) | (8.494,54) |
| 2 | (1.581,78) | (9.010,98) |
| 3 | (1.579,84) | (9.189,46) |
| 4 | (1.284,83) | (9.015,37) |
| 5 | 88.311,52 | 13.725,42 |

Fonte: Elaborada pelos autores

Em um horizonte de análise de 5 anos, equivalente a vida útil de um veículo, calculou-se o VPL para o fluxo de saídas decorrentes dos custos anuais de cada veículo e, a partir disso, calculou-se o CAE das alternativas com o auxílio do software MS Excel. Na tabela 11 é possível observar os resultados alcançados para esses indicadores no horizonte de análise determinado.

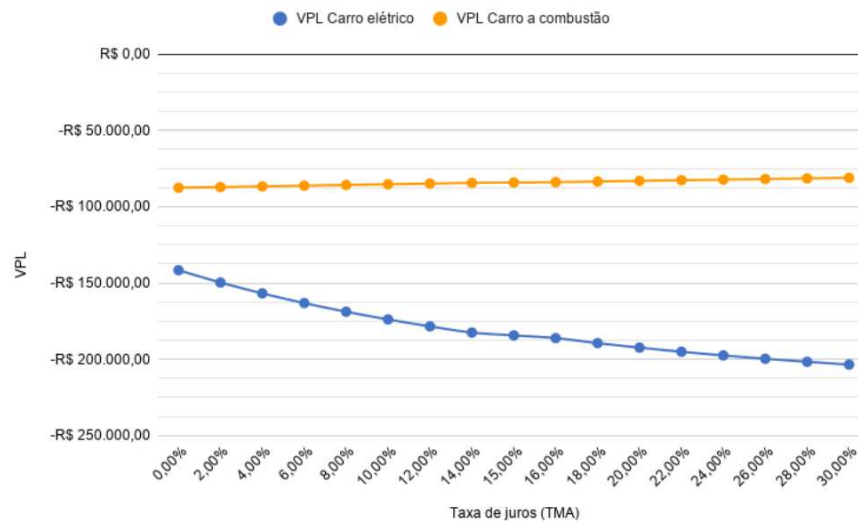
Tabela 11 – Comparativo entre alternativas

| Indicador | Carro elétrico (R\$) | Carro a combustão (R\$) |
|-----------|----------------------|-------------------------|
| VPL | (156.802,95) | (86.682,46) |
| CAE | 35.222,19 | 19.471,23 |

Fonte: Elaborada pelos autores

Com a análise da tabela 11 pode-se perceber que o investimento em um carro elétrico não se mostra viável economicamente para a taxa de 4% definida. Desse modo, estendeu-se a análise para diferentes taxas de atratividade, os resultados são expressos no gráfico mostrado na figura 7 abaixo:

Figura 7 - Análise para diferentes TMAs



Fonte: Elaborada pelos autores

Nesse gráfico é possível perceber que a sensibilidade do VPL do carro a combustão à taxa de juros é bem menor que a do EV, isso se deve à relação entre os custos anuais, o investimento inicial e o valor residual de cada investimento. A medida em que a taxa de juros aumenta a "participação" dos custos anuais e dos valores residuais torna-se menos significativa, aproximando o VPL do investimento inicial de cada alternativa.

5. Conclusão e propostas de estudos futuros

Em vista dos resultados apresentados na seção 4, conclui-se que o investimento em um EV ainda não é viável do ponto de vista financeiro no Brasil, pois apesar do custo anual ser apenas cerca de 16% do custo anual do carro a combustão em média, o CAE do carro elétrico torna-se muito maior que o do carro a combustão quando considerado o investimento inicial.

Além disso, é importante considerar o ganho ambiental decorrente da diminuição da emissão de poluentes com o uso do carro elétrico, que tem valor subjetivo e pode ser determinante para a decisão de investimento de um indivíduo com forte senso de responsabilidade social e ambiental.

Para estudos futuros, recomenda-se analisar um modelo de carro elétrico menos potente (não equivalente ao carro a combustão), que teria um investimento inicial menor, considerando que o indivíduo abriria mão de potência do veículo em prol do ganho ambiental gerado, desse modo, a discrepância entre as alternativas seria atenuada.



REFERÊNCIAS

- BOTTEON, C. **Curso de avaliação socioeconômica de projetos, políticas para gestão de investimentos públicos**. CEPAL, 2009.
- CARRANÇA, T. **Gasolina já subiu 13% nas refinarias em 2021 e deve ficar ainda mais cara**. 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-55913326>>. Acesso em: 15 mar 2021.
- ENEL. **Tarifa de Fornecimento - Sistema Convencional**. 2021. Disponível em: <https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/megamenu/taxas,-tarifas-e-impostos/Tarifas/%20ENEL-CE/%20bandeira-AMARELA_/%20mar/%C3%A7o21_REH/%202676_220420.pdf>. Acesso em: 18 mar 2021.
- ERIC, I. E. D. M. **Future residual values of battery electric vehicles benefit from increased range**. 2019. Disponível em: <<http://fleetmagazine.pt/wp-content/uploads/2019/07/ing-autorola.pdf>>. Acesso em: 17 mar 2021.
- FLEURY, M. T. L.; WERLANG, S. R. da C. **Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens**. Anuário de Pesquisa GVPesquisa, 2017.
- FOCUS. **Relatório - expectativas de mercado**. 2021. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus/05032021>>. Acesso em: 18 mar 2021.
- FOGAÇA, J. R. V. **Funcionamento do Motor de Combustão Interna**. 2021. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/funcionamento-motor-combustao-interna.htm>>. Acesso em: 15 mar 2021.
- G1. **IPVA no Ceará terá redução média de 4,95% em 2021**. 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2020/12/29/ipva-no-ceara-tera-reducao-media-de-495percent-em-2021.ghtml>>. Acesso em: 18 mar 2021.
- GIL, A. C. et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. [S.l.: s.n.]. v. 4.
- HYUNDAI. **Manutenção Hyundai**. 2021. Disponível em: <<https://www.hyundai.com.br/manutencao.html>>. Acesso em: 18 mar 2021.
- IBGE. **Frota de veículos**. 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120?tipo=grafico&indicador=28122>>. Acesso em: 15 mar 2021.
- LEAL, T. A. C. B.; CONSONI, F. L. **Emissões poluentes dos veículos: Impacto dos combustíveis utilizados e potencialidades da mobilidade elétrica**. Núcleo de estudos e pesquisas / CONLEG / Senado, 2021.
- MOTORS, J. **JAC IeV 40**. 2021. Disponível em: <<https://www.jacmotors.com.br/veiculos/eletricos-detalhes/iev40>>. Acesso em: 18 mar 2021.
- RODRIGUES, P. V. da C.; UCHÔA, G. S. M.; LUNA, J. V. de S.; RODRIGUES, M. V. **Viabilidade econômica da utilização do aplicativo de transporte uber como alternativa à aquisição de um veículo próprio: um estudo de caso**. VIII Simpósio de Engenharia de Produção, v. 7, n. 3, 2020.
- SOUZA A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: Fundamentos, técnicas e aplicações**. ATLAS, 2009.