

BASE GERAL DOS CARROS ELÉTRICOS EM RELAÇÃO AO CONSUMO, IMPACTO AMBIENTAL E CUSTO-BENEFÍCIO

GENERAL BASIS OF ELECTRIC CARS IN RELATION TO CONSUMPTION, ENVIRONMENTAL IMPACT AND COST BENEFIT

BASE GENERALES DEL COCHE ELÉCTRICO EM RELACIÓN COM EL CONSUMO, EL IMPACTO AMBIENTAL Y EL COSTE BENEFICIO

Vanderlei Moraes Afonso¹
Rodrigo de Sousa Campista Ferraz²

RESUMO: Apresenta-se nesse trabalho um estudo com o objetivo de mostrar o carro elétrico e suas vantagens e desvantagens. Inicialmente são mostrados alguns conceitos para nos contextualizar e familiarizarmos com o objeto de estudo, o carro elétrico. Posteriormente são abordadas questões sobre a matriz energética brasileira e o porquê ela é favorável para introduzir os veículos elétricos no país. Por fim houve uma comparação entre os carros elétricos e os carros comuns (a combustão) mostrando os gastos de cada um e seu real custo-benefício.

Palavras-chave: Carro elétrico. Motor de imã permanente. Sustentabilidade. Autonomia.

ABSTRACT: This work presents a study with the objective of showing the electric car and its advantages and disadvantages. Initially, some concepts are shown to contextualize and familiarize ourselves with the object of study, the electric car. Subsequently, questions about the Brazilian energy matrix and why it is favorable to introduce electric vehicles in the country are addressed. Finally, there was a comparison between electric cars and common cars (combustion) showing the costs of each one and its real cost-benefit.

Keywords: Electric car. Permanent magnet motor. Sustainability. Autonomy.

RESUMEN: Este trabajo presenta un estudio con el objetivo de mostrar el coche eléctrico y sus ventajas y desventajas. Inicialmente se muestran algunos conceptos para contextualizar y familiarizarnos con el objeto de estudio, el coche eléctrico. Posteriormente, se abordan interrogantes sobre la matriz energética brasileña y por qué es favorable la introducción de vehículos eléctricos en el país. Finalmente, se realizó una comparación entre autos eléctricos y autos comunes (combustión) mostrando los costos de cada uno y su real costo-beneficio.

Palabras clave: Coche eléctrico. Motor de imanes permanentes. Sostenibilidad. Autonomía.

¹Graduando em Engenharia Elétrica. Universidade de Vassouras -RJ.

²Orientador. Graduado em Engenharia Elétrica. Universidade de Vassouras. Mestrado em Engenharia Química. UFRRJ.

INTRODUÇÃO

Um veículo elétrico movido a bateria foi promovido com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa do setor automotivo. O setor de transporte tem desempenhado um papel importante na globalização e desenvolvimento de todos os países. O desenvolvimento de motores a combustão interna reduziram o tempo de transporte através das fronteiras e forneceu melhor eficiência do que outras fontes usadas para transporte rodoviário (Kurien C & Srivastava A.K et al, 2019).

Ao longo dos anos, o impacto adverso das emissões de escapamento aumentou com a mudança climática global e o aumento do nível do mar (Kurien C & Srivastava A.K et al, 2019).

Nos veículos puramente elétricos, a propulsão é somente elétrica, não havendo motor a combustão. Nos veículos denominados Battery Electric Vehicles (BEV) – o tipo mais frequente de modelo puramente elétrico –, a energia provém da bateria e a recarga é feita pela conexão à rede elétrica. Há ainda os Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV) – cuja carga das baterias é feita por uma célula-combustível, normalmente a hidrogênio – e os trólebus – que, a princípio, não dispõem de baterias, estando constantemente conectados à rede elétrica (Vaz L.F.H et al, 2015).

546

A taxa de emissão de veículos automotores teve um aumento drástico de mais de 20% nas últimas 2 décadas (Kurien C & Srivastava A.K 2019). A implementação de vários sistemas de controle de emissões e tecnologias de tratamento ajudaram a reduzir as emissões para um certo nível (Kurien C & Srivastava A.K 2019). No entanto, o número crescente de veículos e o aumento de tráfego neutralizou os efeitos do controle de emissões técnicas (Kurien C & Srivastava A.K 2019). Países da União Europeia concordaram em reduzir Emissões de CO₂ em até 80% até 2050 para que o nível de aquecimento pode ser mantido a 2 ° C por meio da estabilização a 450 ppm (Kurien C & Srivastava A.K et al, 2019).

Os veículos tradicionalmente são movidos por um motor de combustão interna (Ciclo Otto), utilizando como meio de combustível a Gasolina, Diesel, Etanol ou Gás natural veicular (GNV). O entrave da utilização desse tipo de motorização é a emissão de gases causadores do efeito estufa contribuintes para o aquecimento global e sua baixa eficiência, com isso os países começaram a pensar na substituição do combustível fóssil para uma fonte de energia renovável e limpa, e como os automóveis participam de uma grande parcela dos emissores dos gases contribuintes para o aquecimento global a conversão dos veículos para elétricos tornou-se uma

solução. O objetivo do presente trabalho é, portanto, verificar a base geral dos carros elétricos em relação ao consumo e impacto ambiental.

MÉTODOS

O impacto dos veículos elétricos no meio ambiente pode ser calculado apenas com base nas emissões durante a geração de eletricidade, que varia de país para país, dependendo sobre a participação dos combustíveis fósseis na geração de eletricidade. A participação de combustíveis fósseis e energias renováveis na geração de eletricidade dos 10 principais países com as maiores taxas de geração de eletricidade é mostrada nos Dados Suplementares da Figura 1. Países como Canadá, Brasil e França, onde participação de fontes de energias renováveis é maior do que o de combustíveis fósseis, será ideal para veículos elétricos (Kurien C & Srivastava A.K et al, 2019).

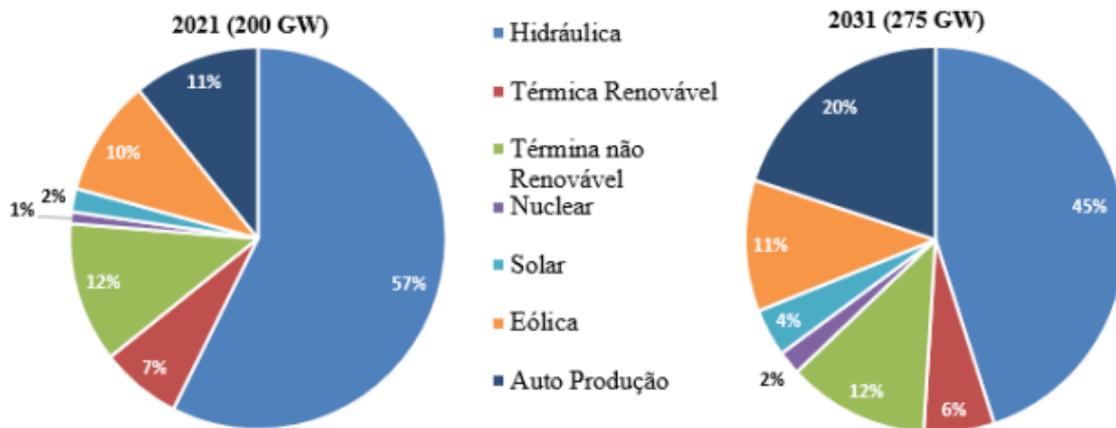
Com o aumento dos preços do combustível fóssil e a pressão das regulamentações para limitar as emissões de dióxido de carbono, os veículos elétricos mostram-se como soluções viáveis. No entanto, ainda existem muitas dificuldades para substituir os veículos a gasolina existentes, especialmente pela baixa autonomia e o longo tempo de recarga das baterias. (Jeongki et al, 2016).

A matriz energética brasileira é considerada uma das mais limpas do mundo devido ao uso de um grande volume de energia proveniente de fontes renováveis.

A matriz energética é constituída por diferentes fontes de energia. No cenário mundial no ano de 2019, as maiores participações são os combustíveis fósseis, que lideram o ranking nas três primeiras posições: petróleo (31,1%), carvão (27,0%) e gás natural (23,0%), seguido pela biomassa (9,3%) e as principais fontes de energia elétrica como nuclear (5,0%), hidráulica (2,6%), solar eólica e outras (2%) (IEA, 2019). Já no Brasil as porcentagens são 33,1% do petróleo, 19,1% derivados da cana, 12,6% hidráulica, 11,8% gás natural 8,9% lenha e carvão vegetal, 7,7% solar, eólica e outras renováveis 4,9% carvão mineral, 1,3% nuclear e o restantes 0,6% são outras não renováveis. (BEM et al, 2020).

Avalia-se que haverá maior diversificação da matriz elétrica, com a participação da hidrelétrica sendo compensada pelo crescimento da capacidade instalada das fontes eólica e solar. A Figura 1 contém a predição da composição da produção de energia elétrica por fonte em 2031. A fonte hidráulica continuará sendo a fonte de maior contribuição. (OLIVEIRA et al, 2022).

Figura 1 – Predição da participação das fontes da matriz elétrica em 2031.



Fonte: adaptado de PDE, 2021.

O motor convencional é acoplado através de uma embreagem e engrenagem através da transmissão para a unidade de eixo (axLe). A figura 2 representa simplesmente o trem de força convencional. Essa arquitetura básica é a base do veículo moderno. (Hayes et al, 2018).

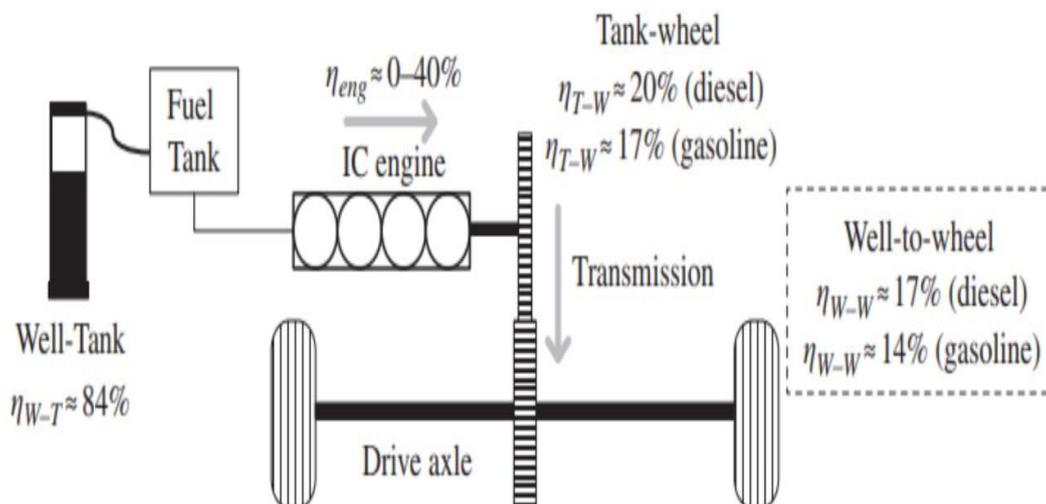
A eficiência percentual do motor (η_{eng}) pode variar de valores muito baixos a 30% médios a altos para gasolina a 40% para diesel. Uma eficiência geral do veículo (η_{NT-W}) tanque á roda é de 20% é representativo para um veículo convencional a diesel, com valores menores para gasolina (17%) e GNV (16%). Essas eficiências do motor relativamente baixas na faixa de velocidade são compensados pela alta densidade de energia de combustível, permitindo, assim, longo alcance e condução confortável com reabastecimento rápido e fácil. Uma eficiência representativa para produção, refino e distribuição do combustível do poço para o tanque (η_{NW-T}) 84%. Assim, a eficiência geral do poço (η_{nw-w}) á roda é o produto das eficiências:(Hayes et al, 2018).

$$\eta_{W-W} = \eta_{W-T} \times \eta_{T-W}$$

A eficiência geral do poço à roda varia de 17% para diesel a 14% para gasolina.

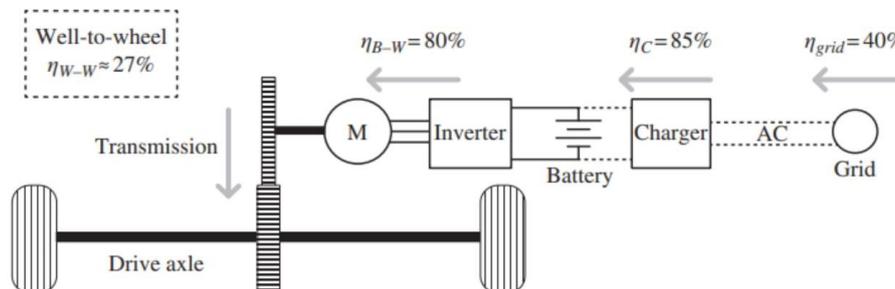
O BEV transforma a energia química da bateria em energia mecânica usando um acionamento elétrico, conforme mostrado na figura 2. O acionamento elétrico possui um inversor, motor e controles. O inversor converte CC da bateria para as formas de onda CA para que sejam:

Figura 2 Arquitetura convencional do veículo e fluxo de energia



Fonte: Hayes et al, 2018.

Figura 3 Arquitetura BEV e fluxo de energia



Fonte: Hayes et al, 2018.

Necessários para alimentar o motor elétrico de forma ideal. Embora o BEV seja muito eficiente na conversão de energia a bordo, o alcance da bateria pode ser limitado devido à baixa energia da bateria. Uma eficiência do trem de força bateria-roda (η_{B-W}) de cerca de 80% é um número razoável para o BEV. O veículo é reabastecido carregando a bateria com energia elétrica da rede elétrica. Uma eficiência para a geração, transmissão e distribuição da eletricidade da rede pública (η_{grid}) de cerca de 40% é estimativa razoável, pois muitas redes são principalmente dependentes de combustíveis fósseis, mas complementados por energia nuclear e energias renováveis. Existem exceções notáveis, como a Noruega com hidrelétrica e a França com nuclear como as principais fontes de eletricidade. Uma eficiência de carregamento (η_C) de 85%

é uma estimativa de eficiência de plugue para a bateria. Assim, a eficiência geral do poço à roda (Nw-W) é o produto das três eficiências:

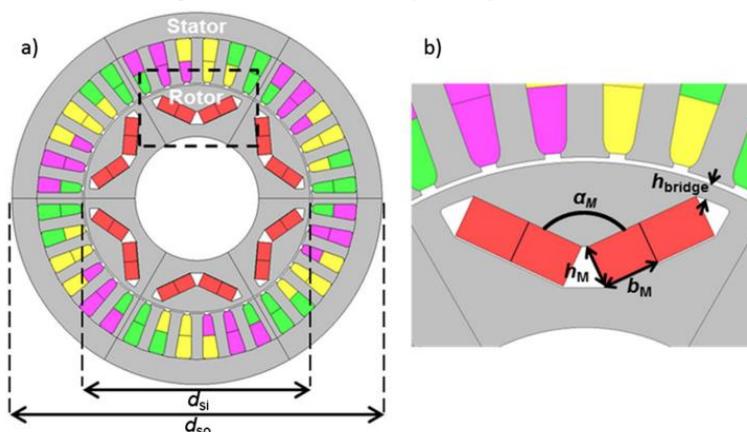
$$\eta_{W-W} = \eta_{grid} \times \eta_C \times \eta_{B-W}$$

A eficiência geral do poço à roda para o BEV é de cerca de 27% (Hayes, 2018).

Recentemente o motor síncrono de ímã permanente de alta velocidade motores (PMSMs) têm atraído a atenção para aplicações de propósito na indústria. PMSMs de alta velocidade são uma tecnologia indispensável, especialmente em compactos de alta capacidade sistemas como acionamentos de fusos para máquinas-ferramentas, turbocompressores e microturbinas. Um PMSM de alta velocidade pode ser acoplado diretamente a um acionador ou turbina sem a necessidade de uma engrenagem mecânica separada para obter alto torque rotacional. (Jang et al, 2018).

Para as demandas dadas acima, uma máquina síncrona de ímã permanente interior (IPMSM) com ímãs de rotor embutidos em um Arranjo em forma de V e com um estator trifásico distribuído enrolamento para um campo magnético de estator distribuído quase senoidal para foram selecionadas baixas perdas adicionais do rotor em alta velocidade. Com isso tipo de rotor que o enrolamento do estator produz com o rotor permanente ímãs a parte principal do torque eletromagnético, mas devido a saliência do rotor também um torque de relutância considerável é gerado para aumentar o torque total. Com um arranjo de seis polos o MMF de desmagnetização do estator (força magneto-motriz) por polo é já pequeno o suficiente para manter os ímãs protegidos contra desmagnetização, por exemplo em sobrecarga ou curto-circuito repentino nos terminais. Por outro lado, a contagem de polos $2p = 6$ é pequena o suficiente para limitar a frequência máxima do estator f na velocidade máxima n via $n = f/p$ a 500 Hz para manter baixas as perdas no inversor de alimentação. O diâmetro interno do estator da máquina d_{si} e o comprimento da pilha de ferro ativo da máquina l_{Fe} são determinados através do número C, que é calculado para um determinado ponto de operação com o número de fases do estator $m = 3$ (fase U, V, W), o estator induzido r.m.s. tensão U_I por fase devida ao campo magnético fundamental rotativo e ao estator de onda senoidal r.m.s. atual é, i. Devido ao espaço limitado no carro híbrido, uma máquina de alta velocidade com alta utilização eletromagnética deve ser projetada. (Jeongki et al, 2016).

Figura 4 Geometria do protótipo IPMSM



(a) Seção transversal axial como modelo de Elementos Finitos (FEM), (b) arranjo magnético do rotor ampliado com dois segmentos por ímã. O ângulo α_M foi determinado numericamente para uma determinada corrente do estator para obter um valor eletromagnético médio máximo.

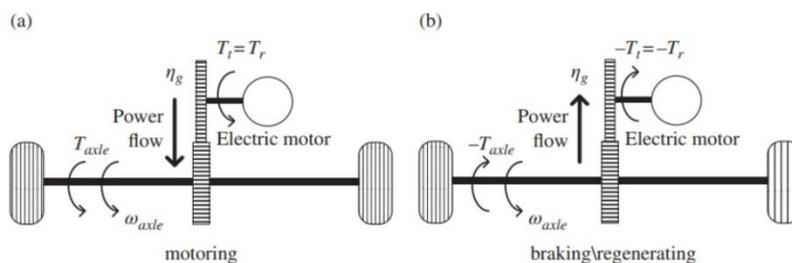
torque. O programa FEM JMAG foi usado.

Frenagem Regenerativa do veículo.

A energia usada para frear ou desacelerar um veículo em um veículo convencional é dissipada como calor no sistema de travagem e perdido para o veículo. Um veículo elétrico pode capturar ou regenerar a energia e armazená-la no veículo. O motor de tração pode desenvolver um torque negativo, até o valor nominal na direção, que inverte o fluxo de energia de tal forma que a energia cinética do veículo é convertida em potência mecânica negativa no eixo do rotor, e posteriormente convertido à energia elétrica da máquina, que é usada para recarregar a bateria. Este é o princípio da frenagem regenerativa, conforme mostrado na Figura 5. A mesma teoria desenvolvida para aceleração se aplica, exceto que a eficiência da engrenagem deve ser contabilizada corretamente para o seguinte: (Hayes et al, 2018).

$$T_{axle} = \frac{n_g T_t}{\eta_g} \text{ (in regen)}$$

Figura 5 Veículo (a) motorizado e (b) regenerativo



Fonte: Hayes et al, 2018.

RESULTADOS

Os veículos elétricos cada vez vem tomando mais espaço no mercado automobilístico que hoje é dominado pelos veículos a combustão (Ciclo Otto), e com esse crescimento exponencial dos veículos elétricos algumas montadoras trouxeram projetos muito interessantes e com um ótimo custo benefício, com o objetivo de cada vez mais aumentar as suas frotas de veículos elétricos.

Uma dessas montadoras foi a Renault que trouxe o KWID E-TECH, o veículo elétrico mais barato no Brasil que os preços começam a partir de R\$ 146.990,00 (pesquisa feita no dia 12 de julho de 2022). A Renault veio com a ideia de trazer um veículo 100% elétrico, popular e acessível ao público geral, diante que as outras montadoras estão com preços muito mais elevado.

Figura 6 Renault KWID E-TECH 100% ELÉTRICO



Fonte: Renault Brasil, 2022

O veículo possui autonomia para rodar até 298km com apenas uma carga, visando que um Uber no Brasil que trabalha de 4 a 6 horas por dia acabará rodando aproximadamente 150 quilômetros com seus carros.

O veículo pode ser carregador tanto na tomada de sua residência quando em postos de carregamento rápido Wallbox. Na tomada de sua residência ele demora cerca de 13H para uma carga completa ou cerca de 5H para rodar 100km, já nos postos de carregamento rápido pode ser feita em menos de 90 minutos. Para encontrar os postos de carregamento rápido, basta acessar o aplicativo que a própria Renault disponibiliza.

Figura 7 – Renault Kwid E-TECH



Fonte: Renault Brasil, 2022

Veículos elétricos possuem isenções de IPVA e rodízio, o que gera uma economia ótima em comparação com o veículo convencional (Ciclo Otto). Também possui menor custo de manutenção já que possui um menor número de peças, chegando a ser quase 50% mais barato que um veículo térmico. O mesmo possui tecnologia de otimização de autonomia que consta em um Modo Eco e frenagem regenerativa, a bateria dura mais tempo para que consiga rodar mais quilômetros.

O custo de carregamento quando feito em sua residência com autonomia de 298km e uma eficiência de aproveitamento energético, o KWID E-TECH 100% elétrico consegue rodar com uma média de custo de quilometro percorrido de R\$ 0,06.

“O papel da Renault é ajudar você nessa missão, oferecendo soluções que impactam o mundo positivamente, facilitando o seu dia a dia.” (Renault, 2022).

Para um comparativo mais fidedigno a realidade, foi utilizado um estudo feito por Santos onde dois modelos de carro Renault com características estruturais semelhantes foram confrontados, um modelo elétrico (Zoe) e um modelo a combustão (Sandero).

Figura 8 – Despesas da manutenção do carro elétrico e do carro a combustão.

	Energia	Manutenção	Aluguel bateria
Sandero	RS4.076,16	RS939,96	-
Zoe	RS1.376,52	RS610,92	RS367,29
Economia/ano	RS2.699,64	RS329,04	-RS367,29
Economia total/ano	RS2.661,39		

Fonte: AZEVEDO et al, 2018.

Abaixo os custos energéticos e de manutenção do modelo elétrico mostram-se que são menores que o veículo convencional a combustão, em relação aos valores de compra e o custo do km rodado de cada veículo, temos a seguinte tabela (Figura 9).

Figura 9 – Comparativo entre veículos, um modelo elétrico e um modelo a combustão.

	Veículo Elétrico Renault Zoe	Veículo a Combustão Renault Sandero ⁹
Segmento	Compacto	Compacto
Capacidade	5 pessoas	5 pessoas
Valor	RS87.927,00	RS43.350,00
Motorização	Motor elétrico a bateria	Motor de combustão interna 4 tempos, 1.0, 3 cilindros, 12V
Combustível	-	Gasolina ou etanol
Potência	57 kW (77 cv)	58 kW (79 cv)
Torque máximo	210 Nm	100 Nm
Aceleração de 0 a 100 km/h	15,5 s	13,1 s
Velocidade máxima	135 km/h	160 km/h
Consumo	133 Wh/km	14,2 km/l
Autonomia	300 km ¹⁰	710 km
Valor do km rodado (somente energia)	RS0,09	RS0,27

Fonte: Azevedo et al, 2018.

Figura 10 – Comparativo 2 entre veículos, um modelo elétrico e um modelo a combustão.

	Veículo Elétrico Renault Zoe	Veículo a Combustão Renault Sandero ⁹
Valor do km rodado (energia + manutenção – sem o aluguel da bateria)	RS0,13	RS0,33
Emissões de CO₂	0	93 g/km
Peso total	1480 kg	1011 kg
Comprimento	4084 mm	4060 mm
Entre eixos	2588 mm	2590 mm
Largura	1730 mm	1733 mm
Altura	1562 mm	1536 mm
Volume do porta malas	338 l	320 l

Fonte: Azevedo et al, 2018.

A viabilidade econômica do veículo elétrico é maior a longo prazo, por conta de seu valor de compra ser maior, o custo por km rodado e de manutenção por conta de possuir menor número de peças que o veículo convencional (Ciclo Otto) é bem menor, pecando apenas na autonomia, mas por ser um modelo de entrada ainda possui certas limitações, que com o tempo e atualização de projeto virá se aprimorando, já que modelos mais High-Ends como o Tesla Model S pode chegar em até 652km, mostrando que sim, é uma tecnologia muito promissora.

Outra proposta muito promissora é o modelo TAN EV da BYD que tem seu preço a partir de R\$ 519990 (preço válido até o dia 31/08/2022), sua bateria possui garantia de 8 anos sem limite de quilometragem, o que é ótimo já que a peça de maior no veículo elétrico é a própria bateria.

Figura 11 – Veículo BYD modelo HAV EV



Fonte: bydcars, 2022.

O mesmo possui uma ótima potência para sua faixa de preço, que consiste em 517 CV entre outras opções que o veículo possui, garantia total de 5 anos e autonomia de 437km. A bateria do veículo pode ser recarregada de 30% a 80% em apenas 30 minutos em corrente contínua de 110 kw, lembrando que existem espalhados pelo Brasil inúmeros postos de carregamentos em empresas como a própria BYD que não cobra o carregamento do seu veículo, o que te poupa 100% o gasto com carregamento.

Muitos ficam na dúvida do valor da manutenção do veículo elétrico, já provado acima que o veículo elétrico é muito mais barato a manutenção que o veículo convencional já que possui muito menos peças, e uma construção muito mais simples e tecnológica. Abaixo segue a planilha de revisão do veículo.

Figura 12 – Plano de manutenção do BYD TAN EV

Revisão	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª
Km	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000
Tempo (meses)	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
Preço	R\$ 900	R\$ 1.850	R\$ 900	R\$ 2.450	R\$ 900	R\$ 1.850	R\$ 900	R\$ 2.450	R\$ 900	R\$ 1.850

Fonte: bydcars, 2022

Um veículo convencional a combustão que compete com o BYD TAN EV seria o Audi Q7 que variam entre R\$ 549990 e R\$ 584990, valores bem próximos ao seu modelo concorrente. O modelo possui 340 CV na sua versão 3.0 TFSI, aceleração (0-100 km/h) de 5,9s e velocidade final de 250km/h, consumo de 6km/l urbano e estrada 8km/l.

Figura 13 – Audi Q7



Fonte: audicentermorumbi, 2022

O objetivo a cima é comparar seu custo e gasto e segue abaixo a tabela de manutenção do audi q7.

Figura 14 – Plano de manutenção Audi, adaptado (preço sugerido agosto 2022)

Modelo	10.000 km e/ou 1ano	20.000 km e/ou 2 anos	30.000 km e/ou 3 anos	40.000 km e/ou 4 anos	50.000 km e/ou 5 anos
Q7 3.0 TFSI	R\$ 3.176	R\$ 3.518	R\$ 3.176	R\$ 3.518	R\$ 3.176

Fonte: audibr, 2022

CONCLUSÃO

A análise bibliográfica mostrou como os carros elétricos são uma ótima alternativa para garantir um futuro sustentável para o ser humano. O Brasil tem um enorme potencial na área por conta das suas ótimas fontes energéticas, que são um exemplo de sustentabilidade para todo o mundo. O carro elétrico se mostrou um veículo de construção mais simples que o carros convencional (Ciclo Otto), o que facilita sua manutenção muito menos complexa que um veículo comum. Como observado nas tabelas de revisões e o valor do combustível, o carro elétrico de entrada no caso do Renault Kwid E-TECH, ele sai por um valor acima dos seus concorrentes a combustão, mas se prova possuir um melhor custo-benefício a longo prazo. Já o modelo TAN EV da BYD se provou ser muito melhor que seus concorrentes de mesmo preço, provando que possui mesma potência ou até superior, suas manutenções muito mais baratas e o mais importante, não precisar usar combustível fóssil que o torna mais barato a longo prazo já que não possui gastos com combustível, além de sua bateria possuir 8 anos de garantia, o que viabiliza o uso a longo prazo.

557

REFERÊNCIAS

- JANG, Gang-Hyeon; AHN, Ji-Hun; KIM, Byung-Ok; LEE, Dong-Hyun; BANG, Jae-Sung; CHOI, Jang-Young. Design and Characteristic Analysis of a High-Speed Permanent Magnet Synchronous Motor Considering the Mechanical Structure for High-Speed and High-Head Centrifugal Pumps. *Ieee Transactions On Magnetics*, [S.L.], v. 54, n. 11, p. 1-6, nov. 2018. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tmag.2018.2845874>.
- SALLES, Alexandre Ottoni Teatini; SANTOS, Luan Tolentino dos; CAMPOS, Adriana Fiorotti. Consolidation of the wind energy sector in the Brazilian electricity matrix: opportunities, advantages and challenges. *International Journal Of Innovation And Sustainable Development*, [S.L.], v. 13, n. 3/4, p. 392, 2019. Inderscience Publishers. <http://dx.doi.org/10.1504/ijisd.2019.100424>.
- AN, Jeongki; BINDER, Andreas. Permanent magnet synchronous machine design for hybrid

electric cars with double e-motor and range extender. *E & I Elektrotechnik Und Informationstechnik*, [S.L.], v. 133, n. 2, p. 65-72, 2 mar. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00502-016-0397-7>.

4. HAYES, John G.. *Electric Powetrain: energy systems, power electronics and drives for hybrid, electric and fuel cell vehicles*. Pondicherry, India: Wiley, 2018. Disponível em: <https://pt.brilib.org/book/3420151/9a6d6b>. Acesso em: 2 fev. 2022.

5. KURIEN, Caneon; SRIVASTAVA, Ajay Kumar. *Impact of Electric Vehicles on Indirect Carbon Emissions and the Role of Engine Posttreatment Emission Control Strategies*. *Integrated Environmental Assessment And Management*, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 234-244, 25 nov. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ieam.4206>.

6. HUANG, Bin; PAN, Zhefei; SU, Xiangyu; AN, Liang. *Recycling of lithium-ion batteries: recent advances and perspectives*. *Journal Of Power Sources*, [S.L.], v. 399, p. 274-286, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.07.116>.

7. ELITE, Motorista. *Você sabe quantos quilômetros um Uber roda por dia?* Disponível em: <https://motoristaelite.com/quantos-quilometros-um-uber-roda-por-dia/>. Acesso em: 12 jul. 2022.

8. RENAULT. *NOVO RENAULT KWID E-TECH 100% ELÉTRICO*. Disponível em: https://www.renault.com.br/veiculos-eletricos/kwid-e-tech.html?CAMPAIGN=br-pt-r-t-def-model-kwid-etech-go-classic-shop-institucional&ORIGIN=sea_defensive&gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLavCmUQD2iLgmpuWt3wM2oYdRwLD65sFBfNvsGN9p86ySi9cXGA9-fBoC7voQAvD_BwE. Acesso em: 12 jul. 2022.

9. AZEVEDO, Marcelo Henrique de. *Carros elétricos: viabilidade econômica e ambiental de inserção competitiva no mercado brasileiro*. 2018. 54 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto - Ufop, Ouro Preto, 2018. Disponível em: file:///E:/Vanderlei20/TCC/todos%20artigos%20usados/MONOGRAFIA_CarrosEl%C3%A9tricosViabilidade.pdf. Acesso em: 18 jul. 2022.

10. OLIVEIRA, Talita. *EVOLUÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA EM COMPARAÇÃO COM OUTROS PAÍSES*. 2022. 56 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/16155/TG_TALITA_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 18 jul. 2022.

11. AUDI. *Audi Q7*. 2022. Disponível em: <https://www.audi.com.br/br/web/pt.html>. Acesso em: 05 ago. 2022

12. CARS, Byd. *BYD TAN EV*. 2022. Disponível em: <https://www.bydcars.com.br/>. Acesso em: 05 ago. 2022.

13. AUDICENTERMORUMBI. *AUDI Q7* 2022. 2022. Disponível em: <https://audicentermorumbi.com.br/novos/q7-2022>. Acesso em: 05 ago. 2022.