



ETIS

Journal of Engineering,
Technology, Innovation
and Sustainability

VEÍCULOS ELÉTRICOS E HÍBRIDOS: HISTÓRIA E PERSPECTIVAS PARA O BRASIL

José Paulo Ferreira¹, Márcio José Dias²

RESUMO

Os veículos elétricos e híbridos têm sua história iniciada a mais de um século sendo fortes concorrentes dos veículos convencionais, porém foram preteridos e tiveram desde os anos de 1930 participação relativamente limitada quando comparados aos veículos de combustão interna na história do automóvel. O artigo em questão tem dois objetivos, sendo o primeiro, fazer uma revisão de literatura a respeito da trajetória dos veículos elétricos ao longo da história de sua evolução, desde a criação até a atualidade e, o segundo, analisar as implicações da introdução de veículos elétricos e híbridos no Brasil. Para concretizar a metodologia, foram realizadas buscas no site <https://www.sciencedirect.com/> utilizando as palavras-chave: “Veículos Elétricos; Veículos Híbridos; História dos Veículos Elétricos; Perspectivas para o Brasil”, digitadas simultaneamente e gradativamente em diferentes sequências, após examinados e ponderados, os dados considerados pertinentes foram coletados do referencial teórico para consolidar os objetivos propostos, refletindo sobre as conclusões dos diferentes autores. A substituição da frota dos veículos a combustão interna por elétricos e híbridos é uma alternativa para reduzir impactos ambientais e manter a sustentabilidade do setor automobilístico, além de reduzir problemas ambientais, colaborar para manter a segurança energética dos países e é vantajoso a longo prazo devido aos menores custos anuais de condução. Analisando o cenário automobilístico brasileiro, levando em consideração o estágio de desenvolvimento da sua frota, o incentivo à utilização do carro elétrico pode trazer profundas mudanças no consumo de energia em um período de tempo razoável.

PALAVRAS-CHAVE: veículos elétricos; veículos híbridos; história dos veículos elétricos; perspectivas para o Brasil.

ABSTRACT

Electric and hybrid vehicles have their history started more than a century ago and are strong competitors of conventional vehicles, but they have been neglected and have had relatively limited participation since the 1930s compared to internal combustion vehicles in automobile history. The article in question has two objectives, the first being to review the literature about the trajectory of electric vehicles throughout the history of their evolution, from the creation to the present, and the second, to analyze the implications of the introduction of vehicles electric and hybrids in Brazil. To realize the methodology, searches were performed on the site <https://www.sciencedirect.com/> using the keywords: “Electric Vehicles; Hybrid vehicles; History of Electric Vehicles; Perspectives for Brazil”, entered simultaneously and gradually in different sequences, after being examined and weighted, the data considered pertinent were collected from the theoretical framework to consolidate the proposed objectives, reflecting on the conclusions of the different authors. Replacing the internal combustion vehicle fleet with electric and hybrid vehicles is an alternative to reducing environmental

¹ Universidade Evangélica de Goiás, UniEVANGÉLICA, Brasil. E-mail: camillazampiva@gmail.com

² Universidade Evangélica de Goiás, UniEVANGÉLICA, Brasil. E-mail: camillazampiva@gmail.com



ETIS

Journal of Engineering,
Technology, Innovation
and Sustainability

impacts and maintaining the sustainability of the automotive sector, as well as reducing environmental problems, helping to maintain countries' energy security and is beneficial in the long term due to lower annual driving costs. Analyzing the Brazilian automobile scenario, taking into account the stage of development of its fleet, the incentive to use the electric car can bring profound changes in energy consumption in a reasonable period of time.

KEY WORDS: Electric Vehicles; Hybrid Vehicles; History of Electric Vehicles; Perspectives for Brazil.

INTRODUÇÃO

Contrário ao que muitos acreditam, os veículos elétricos e híbridos não são uma inovação tecnológica recente no mercado automotivo, certamente há avanços tecnológicos importantes nos veículos elétricos atuais como, por exemplo, as baterias de íon de lítio e toda a tecnologia digital presente nos automóveis modernos, mas os conceitos básicos se mantêm, ou seja, não houveram mudanças significativas nos sistemas dos automóveis elétricos atuais. Automóveis elétricos foram fortes concorrentes dos veículos a combustão interna e nos primórdios de sua história eram mais numerosos que os automóveis convencionais, realidade diferente dos dias atuais, fatos semelhantes serão abordados na evolução histórica dos veículos elétricos. [5]

O consumo de petróleo no mundo tem aumentado de forma predominantemente crescente, os grandes países que consomem petróleo são cada vez mais dependentes de fontes exteriores e o setor da economia que mais consome petróleo no mundo é o de transportes, responsável em 2009 por 61,7% do consumo de petróleo e 23% das emissões de CO₂ (dióxido de carbono). [8] [12]

O setor de transporte é caracterizado por alto consumo de combustíveis fósseis e forte impacto ambiental. A utilização de veículos elétricos, nessa importante área da economia, é uma alternativa para reduzi-los e manter a sustentabilidade do setor automobilístico. Além do benefício de reduzir problemas ambientais e ajudar a manter a segurança energética dos países, a substituição da frota de veículos a combustão interna por elétricos pode ser vantajosa a longo prazo devido aos menores custos anuais de condução, ou seja, os carros elétricos têm custo de manutenção relativamente mais baixo, são econômicos e duráveis. O artigo em questão tem como objetivos fazer uma revisão de literatura a respeito da trajetória dos veículos elétricos ao longo da história de sua evolução, desde a criação até a atualidade e analisar as implicações da introdução de veículos elétricos e híbridos no Brasil. [9] [15]

Conhecer a história dos veículos elétricos e híbridos é importante para saber em quais situações os mesmos foram mais valorizados e desvalorizados, entender os pontos fracos e fortes desses automóveis, e assim, entender as maneiras mais eficazes de utilizar esses veículos para o benefício do meio ambiente e da sociedade como um todo, possibilitando compreender sobre as perspectivas para a efetiva consolidação da implantação em larga escala destes automóveis em outros países, como o Brasil.



ETIS

Journal of Engineering,
Technology, Innovation
and Sustainability

METODOLOGIA

Na realização do trabalho em questão analisou-se diversas referências, principalmente artigos em periódicos científicos, livros, teses, dissertações e resumos em congresso, procedentes de fontes nacionais e internacionais, ou seja, a metodologia utilizada foi baseada em revisão bibliográfica, onde a história dos veículos elétricos e híbridos foi dividida em quatro fases: Início, Ascensão, Queda e Retorno. Assim, foram analisados parte dos resultados e discussões, e das perspectivas para o Brasil.

Utilizou-se o site <https://www.sciencedirect.com/> para encontrar grande parte do conteúdo presente nas referências desse artigo com as palavras-chave: “Veículos Elétricos; Veículos Híbridos; História dos Veículos Elétricos; Perspectivas para o Brasil”, digitadas simultaneamente e gradativamente em diferentes sequências para uma análise mais abrangente dos resultados da pesquisa. Consultou-se a plataforma da SciELO.ORG do site <https://www.periodicos.capes.gov.br/>, porém os resultados encontrados em fevereiro de 2019 para o tema em questão estavam escassos e não foram utilizados. As estatísticas citadas no artigo são do EIA (*Energy Information Administration*) de 2009 e 2012, da IEA (*International Energy Agency*) de 2011, 2017 e 2018, e do 2º *Degrees Institute* de 2018.

Para concretizar a revisão de literatura, após examinados e ponderados, os dados considerados pertinentes foram coletados do referencial teórico para consolidar os objetivos propostos, refletindo sobre as conclusões dos diferentes autores e com base nas fontes dos dados estatísticos os gráficos e a tabela foram desenvolvidos.

A HISTÓRIA DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

Início

A história dos carros elétricos está intimamente relacionada com a história das baterias. Em 1800, o italiano Alessandro Volta demonstrou que a energia elétrica poderia ser armazenada quimicamente. Com isso, em 1821, o britânico Michael Faraday demonstrou os princípios da geração de motores elétricos ao aplicar a pilha química de Volta como um componente de seus experimentos e em 1831, Faraday apresentou os princípios da indução eletromagnética com a estreita relação entre correntes elétricas e magnetismo, estabelecendo assim a base para os motores elétricos e geradores que são necessários para carros elétricos. ^{[1][10][19]}

O veículo elétrico existe a mais tempo que o veículo a combustão interna e até o início do século XX, quando as melhorias no motor movido a gasolina o tornaram uma opção atraente, os carros elétricos dominaram o mercado de veículos pessoais. A chegada da bateria e do motor elétrico levou aos primeiros veículos elétricos experimentais no início da década de 1830, todos modelos de pequena escala, como pequenos modelos de carros elétricos desenvolvidos, pelo húngaro Ányos Jedlik em 1828, pelo americano Thomas Davenport por volta de 1834, e pelo professor holandês Sibrandus Stratingh em 1835. ^{[6][19]}



Desenvolvimentos extensivos em eletroquímica ocorreram no início da década de 1830 e em 1859 o belga Gaston Plante fez uma demonstração inovadora da primeira célula de bateria de chumbo-ácido, o que colaborou para a invenção da bateria de chumbo-ácido geralmente utilizada como uma bateria de partida nos carros de motor de combustão interna da época e também como uma bateria de energia na maioria dos carros elétricos, principalmente aqueles que foram desenvolvidos a partir do início da década de 1880 na França, EUA e Reino Unido. ^[5] ^[10]

Alguns anos depois o italiano Antonio Pacinotti, inventou o motor de corrente contínua de "ring". O primeiro veículo elétrico (triciclo) que aplica a bateria de chumbo desenvolvida por Planté como fonte de energia foi demonstrado na França por Trouvé em 1881, no mesmo ano, ele demonstrou o primeiro barco elétrico com uma fonte de energia similar. Em 1885, o alemão Karl Benz demonstrou o primeiro motor de combustão interna. Thomas Edison viu grandes oportunidades para carros elétricos e fez esforços substanciais para desenvolver baterias mais eficientes, alguns anos depois em 1901, interessado no potencial dos veículos elétricos, ele desenvolveu a bateria níquel-ferro com capacidade de armazenamento 40% maior por unidade de peso que a bateria de chumbo, porém, com custo de produção significativamente mais elevado. As baterias níquel-zinco e zinco-ar também foram criadas durante o mesmo período. A capacidade de armazenamento precária das baterias já era considerada o ponto fraco dos veículos elétricos. ^[4] ^[5] ^[10]

Dois tecnologias, além das baterias, desenvolvidas no final do século XIX (entre 1890 e 1900) contribuíram para melhorar o desempenho dos carros elétricos, são elas: a frenagem regenerativa, um equipamento capaz de converter a energia cinética liberada durante a frenagem em energia elétrica (aumentando a eficiência energética do veículo), e o sistema híbrido a gasolina e eletricidade. Nesse mesmo período, três tecnologias de propulsão concorriam no mercado de automóveis: o carro elétrico, a vapor e a gasolina. ^[5]

Ascensão

De 1880 a cerca de 1900, foi o período mais intenso na implantação de veículos elétricos, representou o começo da idade de ouro, terminando no início dos anos 1920. Os carros elétricos nunca mais experimentaram uma era próspera semelhante de desenvolvimento e implantação tecnológica e a maioria dos grandes avanços tecnológicos foram alcançados neste período. Mesmo atualmente, mais de cem anos depois, esses avanços ainda formam a base para a tecnologia dos automóveis elétricos utilizados. ^[10] ^[19]

Em 1900, a França liderou o mundo na produção, inovação e propriedade de automóveis, havia cerca de 5.600 automóveis elétricos no país, mas apenas 265 estações de recarga elétrica. O estado de Nova York tinha cerca de 4.000 veículos registrados em 1903, destes, 53% eram movidos a vapor, 27% eram movidos à gasolina e 20% eram movidos a energia elétrica. Em 1912, o pico foi alcançado nos EUA com cerca de 30.000 veículos elétricos no total, mas o carro elétrico era o mais conservador dos três, com sua grande semelhança com as carruagens, tanto na aparência quanto no desempenho. ^[5] ^[10]



Há registro da produção, já em 1903, de um automóvel que apresentava as características de um híbrido em série, consistindo de um pequeno motor a gasolina, baterias, um gerador elétrico e dois motores elétricos montados diretamente nas rodas dianteiras. Outro modelo, desenvolvido por Jenatzy em 1901 podia ser caracterizado como um híbrido em paralelo, com um motor a gasolina e um motor elétrico que funcionavam juntos ou separadamente e através de um dínamo, o motor a gasolina poderia ser usado para carregar as baterias, o que também poderia ser feito durante uma descida. O objetivo dos primeiros veículos híbridos era compensar a eficiência relativamente baixa das baterias utilizadas nos veículos puramente elétricos e a precária estrutura de distribuição elétrica das cidades no início do século XX. [4] [5] [10]

Foram observados alguns picos de produção nos EUA e Reino Unido durante a primeira e a segunda guerras mundiais, período em que o racionamento de gasolina e diesel forçou a busca por fontes de energia alternativas ao petróleo. Uma situação semelhante ocorreu no Japão do pós-guerra, pois o carro elétrico tornou-se também bastante popular devido ao racionamento de combustíveis. [1]

Queda

Entre os principais fatores apontados para o declínio dos carros elétricos a partir de 1912, podem-se citar: [7]

- O sistema de produção em série de automóveis desenvolvido por Henry Ford, pois permitiu que o preço pago pelos veículos a gasolina correspondesse a cerca de metade do preço dos elétricos.
- Foi inventada a partida elétrica, que dispensou o uso da manivela utilizada para acionar o motor dos veículos a gasolina.
- As rodovias dos EUA, por volta de 1920, interligavam diversas cidades, logo, demandavam veículos capazes de percorrer longas distâncias.
- A gasolina tornou-se um combustível atrativo para o setor de transportes devido às descobertas de petróleo no Texas, que reduziram o seu preço.

No início da história dos automóveis em geral, não havia infraestrutura elétrica nem gasolina disponíveis pelas estradas do interior, com isso, poucas pessoas circulavam por elas. Porém, o motor a combustão interna se destacou com maior desempenho em termos de km/litro de combustível comparado aos veículos elétricos, acrescido a isso, a facilidade de distribuição de combustíveis líquidos comercializados em pequenos estabelecimentos comerciais permitiu que a rede de distribuição de gasolina se expandisse rapidamente. [4] [5]

Havia poucos mecânicos que compreendiam o funcionamento dos motores elétricos e outros componentes específicos, como a bateria, que equipavam os automóveis elétricos e híbridos, mas a manutenção dos primeiros automóveis a gasolina era realizada por profissionais especializados em conserto e manutenção de bicicletas, devido a sua simplicidade. [5]



ETIS

Journal of Engineering,
Technology, Innovation
and Sustainability

Os automóveis elétricos foram superados pelos veículos a combustão interna, pois tinham dificuldade em subir ladeiras muito íngremes, baixa autonomia, e baixa velocidade, problemas que estavam relacionados à falta de capacidade de armazenamento das baterias. Os automóveis a gasolina também apresentavam problemas técnicos como, por exemplo, barulho excessivo e dificuldade para dar partida, porém, foram mais rápidos em solucioná-los, fazendo com que superassem as vendas de seus concorrentes (veículos elétricos e a vapor).^[4]

A partir da década de 1930 os veículos elétricos passaram a ser produzidos em escala cada vez menor. No Japão do pós-guerra a produção do carro elétrico caiu na década de 1950 quando o racionamento de combustíveis cessou.^[5]

Retorno

Em 1960 um debate novo surgiu, a opinião pública começou a se voltar para os problemas ambientais, principalmente depois que Rachel Carson publicou seu livro *Silent Spring*, em 1962. Carson se concentrou em problemas de poluição ambiental causados principalmente por produtos químicos e pesticidas usados na agricultura, mas paralelamente, foi realizado um debate separado sobre problemas de poluição atmosférica nas grandes cidades. Nessa época, o chumbo era utilizado como aditivo para a gasolina e não haviam filtros ou catalizadores para conter as emissões, com isso, os veículos elétricos voltaram a atrair a atenção das grandes montadoras.^{[4] [5] [10]}

A partir de 1970, a questão ambiental se tornou parte integrante do debate sobre os problemas relacionados a geração e consumo de energia, e três eventos internacionais apontaram a necessidade do desenvolvimento de alternativas tecnológicas renováveis para a produção de energia.^{[4] [5] [10]}

- Em 1972, o Clube de Roma publicou o livro *Limites para o Crescimento*, que destacou a questão da necessidade de um limite para a exploração de recursos naturais não renováveis, como os combustíveis fósseis.
- O segundo evento foi uma crise do petróleo, em 1973, que atingiu grande parte do Ocidente, causada pelo embargo dos principais produtores de petróleo árabe, como resultado ocorreram ondas de racionamentos em diversos países.
- O terceiro evento foi a conscientização a respeito do uso da energia nuclear, como por exemplo, a segurança operacional e o destino dos rejeitos radioativos.

A década de 1970 foi propícia para os veículos elétricos, que combinavam emissão nula de gases poluentes com a alternativa de utilizar fontes de energias renováveis como células fotovoltaicas, energia eólica e das ondas. Porém os protótipos desenvolvidos naquela época nunca chegaram as linhas de produção, houveram diversas iniciativas para trazê-los de volta ao mercado automotivo, mas os automóveis elétricos e híbridos não estavam otimizados o suficiente para competir com os veículos convencionais. No final dos anos 1980, novamente com o intuito de reduzir a poluição nas grandes cidades, os veículos



elétricos ganharam destaque e em 1990, o estado da Califórnia introduziu suas primeiras regulamentações sobre emissões zero. [4] [5] [10]

Em 1992 ocorreu no Rio de Janeiro a Eco-92 ou Rio-92, conferência que teve como um de seus principais resultados a Agenda 21, que chamou a atenção para os problemas socioambientais causados pelo uso excessivo a longo prazo dos combustíveis fósseis, para a necessidade de redução do consumo de energia nos países desenvolvidos e a questão da busca de uma possível transição para fontes renováveis de energia. No mesmo ano a União Europeia definiu sua política de transportes através da expressão “uma estratégia para a mobilidade sustentável”. [4] [5] [10]

Em meados de 1990, o órgão do governo responsável por monitorar a qualidade do ar no estado da Califórnia, a CARB (*California Air Resources Board*), estabeleceu uma cota de veículos com emissão zero, porém grandes companhias de petróleo como Shell, Texaco e Exxon colaboravam financeiramente para campanhas políticas compostas por candidatos contrários aos veículos elétricos além de financiarem propagandas contrárias aos mesmos. Com isso, em 1996 a CARB capitulou e postergou o seu cronograma. [18]

Ainda em 1990, ocorreu uma nova tentativa de consolidar a implantação dos automóveis híbridos no mercado por meio de parcerias público-privadas. Em 1993, o governo Clinton anunciou uma iniciativa chamada PNGV (*Partnership for a New Generation Vehicles*), com o objetivo de produzir um veículo “limpo”, com consumo de 4 litros/100 km. Depois de alguns anos e investimentos de aproximadamente US\$ 1 bilhão, três protótipos foram anunciados, sendo todos híbridos, entretanto, não chegaram as linhas de produção. [18]

A Toyota, em 1997 lançou no mercado japonês o Prius, um sedã híbrido. No mesmo ano a Audi lançou o Duo, sendo o primeiro híbrido do mercado europeu, que foi um fracasso. [5]



Figura 1. Toyota Prius 1997

Fonte: [3]



ETIS

Journal of Engineering,
Technology, Innovation
and Sustainability

Em 1999, a Honda foi a primeira empresa a lançar um híbrido no mercado americano, o Insight, que foi um sucesso imediato. No ano de 2000, o Prius chegou ao mercado dos EUA, alcançando um sucesso maior que o esperado pela Toyota, efeito que se repetiu posteriormente no mercado europeu. Segundo pesquisas realizadas o grau de satisfação entre os proprietários do Prius é altíssimo, 88% dos proprietários estão muito satisfeitos com o automóvel e 12% estão de alguma forma satisfeitos. [5]

O governo norte-americano promulgou em 2007 o *Energy Independence and Security Act*, o que destinou anualmente US\$ 95 milhões, entre os anos de 2008 e 2013, para a pesquisa e desenvolvimento de um sistema de transporte elétrico, para a formação de capital humano especializado em veículos elétricos e na tecnologia PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*). Também foram destinados US\$ 25 bilhões aos fabricantes e fornecedores de automóveis que produzirem veículos híbridos e seus componentes até 2020. [4] [5]

Foi promulgado nos EUA o *American Clean Energy and Security Act 2009*, em julho de 2009, durante o governo de Obama. Essa lei determina que a Secretaria de Energia, as agências reguladoras estaduais e todas as distribuidoras de energia não reguladas precisariam apresentar planos para o desenvolvimento de redes inteligentes (*smart grids*) integradas, com suporte à tecnologia PHEV até julho de 2012. Também definiu um teto de US\$ 50 bilhões para dar assistência financeira às montadoras e produtores de autopeças que se dedicassem ao desenvolvimento de híbridos até o ano de 2020. O incentivo financeiro à inovação tecnológica, indiretamente, teria a finalidade de colaborar para salvar a indústria automobilística americana durante uma crise. [1] [4]

Esforços substanciais são feitos atualmente para otimizar os automóveis elétricos e superar suas limitações, um exemplo disso é a autonomia do veículo elétrico chamado *Tesla Model S 100D* da empresa *Tesla Motors* que pode percorrer até 632 km com uma carga. Outro automóvel que é um exemplo de avanço dos veículos elétricos, também da *Tesla Motors* foi anunciado em 16 de novembro de 2017, pode percorrer até 1000 km com uma carga, vai de 0 a 100 km/h em 1,9 segundo e pode chegar a velocidade de 402 km/h. Entregas do esportivo aos consumidores começam em 2020 nos Estados Unidos. [2] [16] [17]

PERSPECTIVAS PARA O BRASIL

Analisando a situação dos veículos elétricos e híbridos em outros países foram determinadas as perspectivas de sua implantação no Brasil.

A história dos veículos elétricos e híbridos mostrou que ao longo de sua trajetória houveram diversos esforços contrários à ideia da efetiva consolidação dos automóveis elétricos, existem questões institucionais, políticas e mercadológicas a serem resolvidas para que o carro elétrico se estabilize no mercado. Por um lado, destaca-se a necessidade de legislar sobre padrões de cobrança para veículos elétricos para maximizar sua implementação. Por outro lado, enfatiza-se a necessidade de um acordo mínimo e amplo entre as empresas do setor para encontrar padrões comuns, evitando a distribuição de modelos que apenas acarretam em um custo extra desnecessário ao usuário final e



beneficiar toda a sociedade e na Espanha há problemas relacionados à mobilidade dos veículos elétricos causados pela necessidade da distribuição das estações de recarga. [5]
[15]

É necessário desenvolver políticas públicas para uma implementação estruturada de estações de recarga em locais públicos e em áreas de uso comum dentro de grandes espaços compartilhados, como áreas de estacionamento e áreas residenciais, a fim de melhorar a mobilidade elétrica e implementar veículos elétricos em larga escala. Os avanços tecnológicos em baterias e a ajuda de redes inteligentes na redução de tarifas para períodos específicos abrirão novas perspectivas para uma ampla implantação de veículos elétricos. [15]

Observando o decorrer da história nota-se que o uso de veículos elétricos tem sido proposto há muito tempo como uma alternativa viável aos carros convencionais e como meio de enfrentar os desafios de transporte relacionados à crescente dependência do combustível fóssil e às emissões resultantes de gases de efeito estufa. No entanto, persistem barreiras consideráveis à sua efetiva adesão ao mercado, uma das mais relevantes é o custo do veículo elétrico quando comparado a outras opções no mesmo segmento de mercado de carros. A compra de um veículo elétrico a bateria em Portugal é ainda não rentável, nas atuais condições de mercado. Isso significa que não foram considerados incentivos ou preços especiais para eletricidade que pudessem suportar a aquisição de veículos elétricos e a estrutura de impostos é desfavorável. Pelo menos no curto prazo, o argumento de custo para aquisição de um veículo elétrico a bateria ainda não é convincente. No entanto, os resultados em longo prazo contribuem para aumentar a sua atratividade, uma vez que os custos de aquisição mais elevados dos veículos elétricos seriam compensados por menores custos anuais de condução, ou seja, os carros elétricos têm custo de manutenção relativamente mais baixo, são econômicos e duráveis. [9]

A efetiva implantação em larga escala com a otimização dos componentes relacionados aos veículos elétricos podem se tornar uma alternativa atrativa para o Brasil, desde que seja adotada, em curto prazo, uma política de incentivo a sua utilização. Analisando o nível de desenvolvimento da frota brasileira, ainda em estágio inicial, a substituição do carro convencional pelo elétrico teria benefícios estratégicos e ambientais efetivos a longo prazo. Porém, a utilização do transporte individual não é uma forma tão eficaz de utilização dos recursos quanto o transporte coletivo, principalmente no Brasil, analisando a mobilidade urbana das grandes capitais do país em seu atual nível de desenvolvimento. [5]

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando e comparando os gastos de combustível e manutenção entre o veículo com motor de combustão interna, que pode ser designado de ICEV (*internal combustion engine vehicle*) e o veículo elétrico a bateria, também chamado pelo termo de BEV (*battery electric vehicle*), nota-se a diferença de economia entre ambos, como mostra a **Tabela 1**:



| PROVÍNCIA | Custos médios do ICEV | | | Custos médios do BEV | | | Economia | |
|--------------------------|-----------------------|-------------|------------|----------------------|-------------|------------|-------------------|------------|
| | Manutenção | Combustível | Total | Manutenção | Combustível | Total | \$ | % |
| Alberta | \$ 1.330,00 | \$ 3.251,00 | \$4.581,00 | \$ 698,00 | \$ 567,00 | \$1.265,00 | \$3.316,00 | 72% |
| Colúmbia Britânica | \$ 797,00 | \$ 2.339,00 | \$3.136,00 | \$ 419,00 | \$ 400,00 | \$ 819,00 | \$2.318,00 | 74% |
| Ilha do Príncipe Eduardo | \$ 798,00 | \$ 2.363,00 | \$3.161,00 | \$ 421,00 | \$ 657,00 | \$1.077,00 | \$2.084,00 | 66% |
| Manitoba | \$ 831,00 | \$ 2.207,00 | \$3.038,00 | \$ 438,00 | \$ 342,00 | \$ 779,00 | \$2.259,00 | 74% |
| Nova Brunswick | \$ 899,00 | \$ 2.574,00 | \$3.473,00 | \$ 474,00 | \$ 565,00 | \$1.039,00 | \$2.434,00 | 70% |
| Nova Escócia | \$ 891,00 | \$ 2.527,00 | \$3.418,00 | \$ 469,00 | \$ 694,00 | \$1.163,00 | \$2.255,00 | 66% |
| Ontário | \$ 952,00 | \$ 2.583,00 | \$3.535,00 | \$ 500,00 | \$ 694,00 | \$1.194,00 | \$2.341,00 | 66% |
| Quebec | \$ 776,00 | \$ 2.157,00 | \$2.933,00 | \$ 408,00 | \$ 254,00 | \$ 663,00 | \$2.270,00 | 77% |
| Saskatchewan | \$ 1.225,00 | \$ 3.025,00 | \$4.250,00 | \$ 643,00 | \$ 841,00 | \$1.484,00 | \$2.766,00 | 65% |
| Terra Nova | \$ 1.048,00 | \$ 2.970,00 | \$4.018,00 | \$ 551,00 | \$ 519,00 | \$1.070,00 | \$2.948,00 | 73% |
| Média nacional | \$ 931,00 | \$ 2.534,00 | \$3.464,00 | \$ 489,00 | \$ 514,00 | \$1.003,00 | \$2.461,00 | 71% |

Tabela 1. Economias Anuais dos BEVs de Combustível e Manutenção por Províncias do Canadá

Fonte: [14] (adaptado pelo autor)

A utilização de veículos elétricos a longo prazo é uma alternativa vantajosa em comparação aos veículos a combustão interna, pois tem custo de manutenção relativamente mais baixo, são econômicos e duráveis. Além deste benefício, a substituição da frota de veículos a combustão interna por elétricos colabora para a redução de problemas ambientais causados por emissão de gases poluentes e ajuda a manter a segurança energética dos países. ^{[9] [14] [15]}

O estoque global de carros elétricos pode chegar a 70 milhões em 2025. Seguindo a mesma trajetória ao longo da história, os Estados Unidos vêm investindo em veículos elétricos através de incentivos políticos, visando a sustentabilidade social e ambiental, e no ano de 2016 foi destaque no mercado de automóveis híbridos plug-in, como pode ser observado no **Gráfico 1:** ^[11]

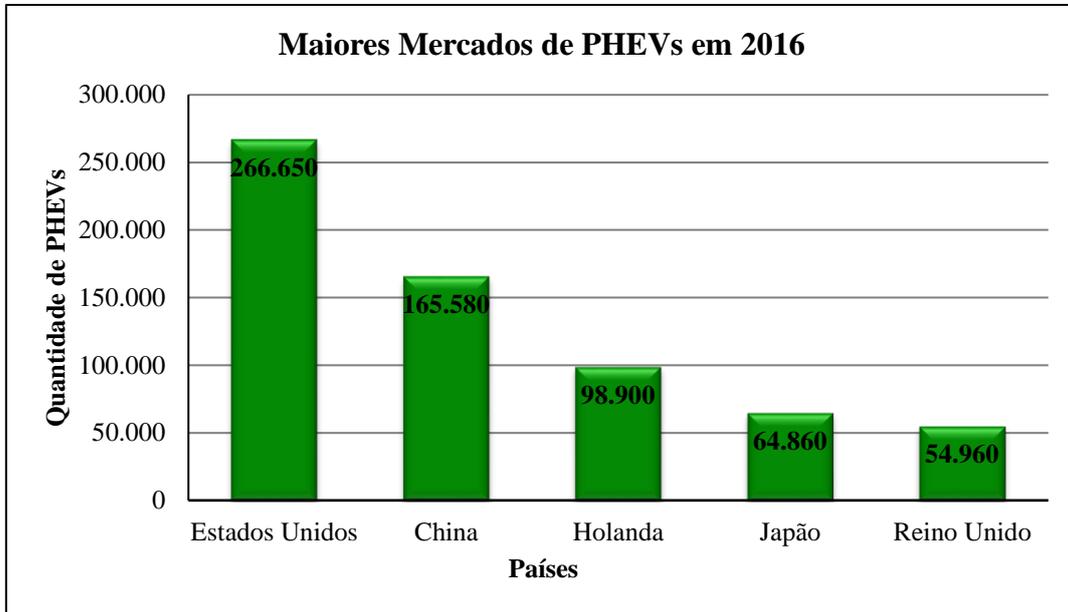


Gráfico 1. Maiores Mercados de PHEVs em 2016

Fonte: [11] (adaptado pelo autor)

Com o aumento crescente do estoque global dos veículos elétricos nota-se a diferença referente ao consumo de petróleo no setor de transportes, que foi responsável em 2016 por 49,3% do total, representando uma queda de 12,4% em relação ao ano de 2009, evidenciando a diminuição da dependência de combustíveis fósseis no mercado automotivo. ^[13]

A China também tem demonstrado esforços substanciais referentes a produção de automóveis elétricos e híbridos, conforme dados do **Gráfico 2**:

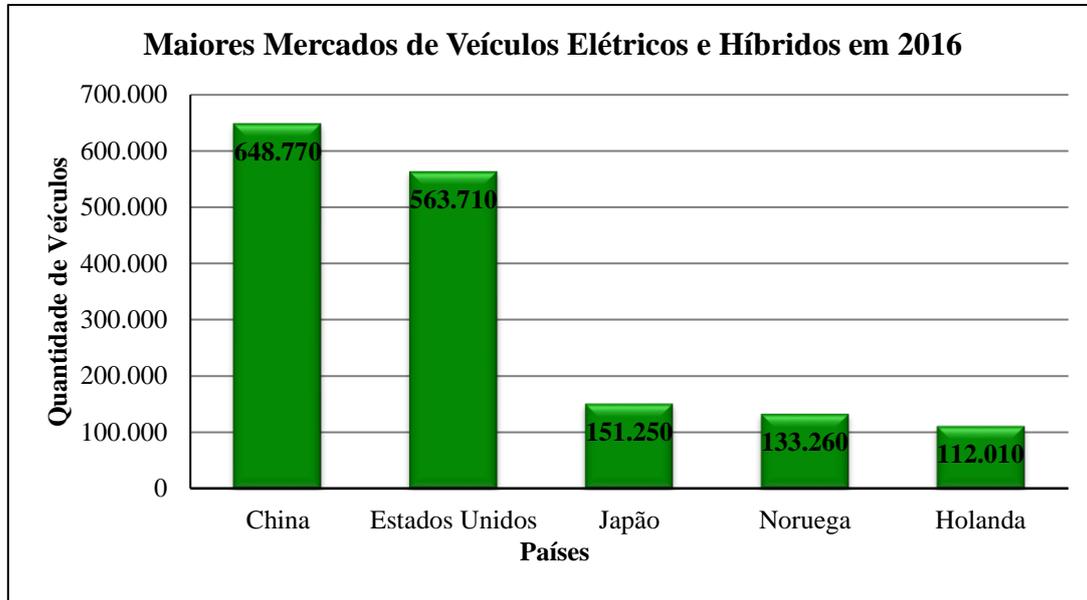


Gráfico 2. Maiores Mercados de Veículos Elétricos e Híbridos em 2016

Fonte: [11] (adaptado pelo autor)

Com princípios básicos semelhantes a países como Estados Unidos e China, o Brasil tem potencial para aderir a implantação em larga escala de veículos elétricos e híbridos, utilizando da experiência vivenciada pelos mesmos como base para a consolidação efetiva de todo processo.

CONCLUSÕES

A atratividade dos veículos elétricos a bateria como também dos híbridos e sua efetiva implantação em larga escala com a otimização de seus diversos componentes ainda depende de aspectos políticos, técnicos e econômicos, todos intimamente inter-relacionados.

Os aspectos políticos incluem a definição de políticas de incentivos estáveis e seguras que proporcionam confiança tanto aos produtores quanto aos consumidores de veículos elétricos e incluem não apenas incentivos financeiros, mas também recursos especificamente adaptados a cada país ou região.

Fatores técnicos estão relacionados a questões de alcance e carregamento, exigindo o desenvolvimento tecnológico do veículo elétrico e da rede de carregamento e armazenamento, com a distribuição estratégica das estações de recarga e baterias eficazes.

Por fim, os aspectos econômicos devem considerar o custo de aquisição como sendo a barreira principal para a efetiva consolidação dos automóveis elétricos no mercado,



ETIS

Journal of Engineering,
Technology, Innovation
and Sustainability

exigindo então a presença de economias de escala que só podem ser alcançadas através do aumento das vendas.

REFERÊNCIAS

[1] ANDERSON, C. D.; ANDERSON, J. **Electric and Hybrid Cars: A History**, 2. ed. McFarland & Company, Carolina do Norte: Jefferson, 2010. Disponível em: <https://enciklopediamoderne.files.wordpress.com/2014/12/curtis-d-anderson-judy-anderson-electric-and-hybrid-cars.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2019.

[2] AGRELA, L. **Novo carro elétrico da Tesla vai de 0 a 100 km/h em 1,9 segundo**, 17 nov. 2017. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/tecnologia/novo-carro-eletrico-da-tesla-vai-de-0-a-100-km-h-em-1-9-segundo/>. Acesso em: 26 maio 2019.

[3] AUTOWINI. **Car Specification: Toyota Prius 1997**. Coreia, 2009. Disponível em: <http://www.autowini.com/specification/Toyota/Prius/1997/car-class.do>. Acesso em: 13 abr. 2019.

[4] BARAN, R. **A introdução de veículos elétricos no Brasil: avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, set. 2012. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/10634/1/Doutorado_Renato%20Baran_P_PO_BD.pdf. Acesso em: 11 fev. 2019.

[5] BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil**. Rio de Janeiro: XIII Congresso Brasileiro de Energia, nov. 2010. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1489/3/A%20BS%2033%20Ve%C3%ADculos%20el%C3%A9tricos%20-%20hist%C3%B3ria%20e%20perspectivas%20no%20Brasil_P.pdf. Acesso em: 11 fev. 2019.

[6] BARNSTONE, D. A.; BARNSTONE, R. V. **The Electric Highway: Intelligent Infrastructures for Kinetic Cities. Urban Energy Transition (Second Edition): Renewable Strategies for Cities and Regions**, Elsevier Ltd. Sydney: University of Technology Sydney, p. 153-166, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102074-6.00022-X>. Acesso em: 22 abr. 2019.

[7] EIA DOE. **Annual Energy Review**, 2009. Disponível em: <https://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/index.php>. Acesso em: 13 abr. 2019.



ETIS

Journal of Engineering,
Technology, Innovation
and Sustainability

- [8] EIA DOE. **International Energy Statistics**, 2012. Disponível em: <http://www.eia.gov/countries/data.cfm>. Acesso em: 13 abr. 2019.
- [9] FONTAÍNHAS, J.; CUNHA, J.; FERREIRA, P. Is investing in an electric car worthwhile from a consumers' perspective? **Energy**, Elsevier Ltd. Guimarães: University of Minho, v. 115, p. 1459-1477, 15 nov. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.05.075>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- [10] HØYER, K. G. The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars. Elsevier Ltd. **Utilities Policy**, Oslo: Oslo University College, v. 16, p. 63-71, jun. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jup.2007.11.001>. Acesso em: 05 mar. 2019.
- [11] IEA. **Global EV Outlook 2017**. International Energy Agency, 2017. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2019.
- [12] IEA. **Key World Energy Statistics**. International Energy Agency, 2011. Disponível em: http://iea-gia.org/wp-content/uploads/2012/08/key_world_energy_stats-2011-27Dec11.pdf. Acesso em: 13 abr. 2019.
- [13] IEA. **Key World Energy Statistics**. International Energy Agency, 2018. Disponível em: https://webstore.iea.org/download/direct/2291?fileName=Key_World_2018.pdf. Acesso em: 13 abr. 2019.
- [14] LOGTENBERG, R.; PAWLEY, J.; SAXIFRAGE, B. **Comparing Fuel and Maintenance Costs of Electric and Gas Powered Vehicles in Canada**. 2º Degrees Institute, set. 2018. Disponível em: https://www.2degreesinstitute.org/reports/comparing_fuel_and_maintenance_costs_of_electric_and_gas_powered_vehicles_in_canada.pdf. Acesso em: 19 abr. 2019.
- [15] MARTINEZ-LAO, J. *et al.* Electric vehicles in Spain: An overview of charging systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier Ltd. Almeria: Universidad de Almeria, v. 77, p. 970-983, set. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.239>. Acesso em: 21 fev. 2019.
- [16] MATSUBARA, V.; RODRIGUEZ, H. **Novo Tesla Roadster vai de 0 a 100 km/h em 1,9 s**, 19 nov. 2017. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/novo-tesla-roadster-vai-de-0-a-100-km-h-em-19-s/>. Acesso em: 26 maio 2019.
- [17] OLIVEIRA, A. **Tesla Model S 100D**: Prazer de condução e autonomia, 12 maio 2018. Disponível em: <https://www.jornaldenegocios.pt/weekend/automoveis/detalhe/tesla-model-s-100d-prazer-de-conducao-e-autonomia>. Acesso em: 26 maio 2019.



ETIS

Journal of Engineering,
Technology, Innovation
and Sustainability

[18] SOVACOOOL, B. K.; HIRSH, R. F. Beyond batteries: An examination of the benefits and barriers to plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and a vehicle-to-grid (V2G) transition. **Energy Policy**, Elsevier Ltd. Cingapura: National University of Singapore, v. 37, p. 1095-1103, mar. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.10.005>. Acesso em: 13 abr. 2019.

[19] WESTBROOK, M. H. **The Electric Car**: Development and Future of Battery, Hybrid and Fuel-Cell Cars. Society of Automotive Engineers, Pensilvânia: Warrendale, 2001.