



Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

Edson Yassuo Onohara¹
Meiry Mayumi Onohara²

RESUMO

O estudo pretende demonstrar a comparação entre a eficiência energética entre os veículos elétricos e movidos à combustão fóssil, auxiliada pelos autores Faller e Junior (2019). Verificam-se também os aspectos que correspondem aos impactos ambientais e financeiros que ambos produzem, a fim de procurar a melhor utilização racional de energia. O estudo estende-se as vantagens e desvantagens da substituição dos carros a combustão e os desafios ainda a serem enfrentados no país para a implementação dos veículos elétricos, embasando-se pelos autores Castro e Consoni (2020). É realizada uma análise de viabilidade econômica que mostra a possibilidade atual da substituição dos veículos convencionais por modelos elétricos, como consequência do alto custo de aquisição dos veículos elétricos. Sobre a questão ambiental, os usuários de automóveis podem enfrentar instabilidades, no que concernem aos impactos ambientais causados pelo transporte. Deste modo este estudo pode contribuir para mitigar alguns problemas, como o transporte é um setor relevante no que tange o consumo final de energia. A adoção de políticas de eficiência energética veicular é fundamental para reduzir o consumo de energia e emissões de gases de efeito estufa.

Palavras-chave: Veículos elétricos; Veículos à combustão; Eficiência energética.

1. INTRODUÇÃO

Em fevereiro de 2020 no Brasil, a Comissão de Constituição de Justiça (CCJ) aprovou o Projeto de Lei do Senado nº 304/2017 em que proíbe a venda de veículos movidos a combustíveis fósseis no Brasil, a partir de 2030 e a circulação de toda a frota movida à gasolina e diesel em 2040. As exceções estariam nos automóveis movidos somente a biocombustíveis, veículos de coleção e veículos de propriedade de visitantes estrangeiros, até 180 dias de sua entrada no Brasil (BRASIL, PLS 304/2017)

¹ edson.onohara@gmail.com - Universidade Federal de Uberlândia

² meiryinha@gmail.com - Universidade Federal de Uberlândia

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

O seguinte passo é o projeto ser votado pela Comissão de Meio Ambiente (CMA) do Senado. O autor do projeto de lei, o senador Ciro Nogueira, apresenta a justificativa que os automóveis a combustão são os maiores responsáveis pela emissão de dióxido de carbono na atmosfera (BRASIL, PLS 304/2017). Visto que o progresso do nosso planeta está associado ao consumo de energia, principalmente do petróleo, seguido por carvão e o gás natural (ANTUNES, 2018).

Semelhante ao que ocorre no Brasil encontra-se a Alemanha que aprovou em 2016 uma resolução que proíbe a venda de veículos movidos a motor à combustão, a partir de 2030 e a partir de 2050 proíbe a circulação dessa frota (FERNANDES; GOMES, 2019). Outros países da Europa estão anunciando datas limites para a proibição do comércio de veículos a combustão, já que estão “alinhados às metas estabelecidas no Acordo de Paris” (FERNANDES; GOMES, p.35, 2019).

Tanto a Alemanha quanto o Brasil estão preocupados não apenas com os problemas ambientais, quanto à emissão de gases poluentes, como CO₂ (dióxido de carbono), mas também pelo fato de que o combustível fóssil é uma fonte de energia não renovável (ANTUNES, 2018).

À vista disso, a discussão sobre o desenvolvimento de matrizes energéticas renováveis está em voga. O setor de transporte é um dos grandes consumidores de combustíveis fósseis, logo, os automóveis elétricos apresentam os benefícios de diminuição dos resíduos poluentes e a melhor eficiência energética comparada aos veículos com tecnologia de propulsão.

Este trabalho verifica a eficiência energética de um carro elétrico e à combustão, uma vez que procura a melhor utilização racional de energia. O estudo estende-se as vantagens e desvantagens da substituição dos carros a combustão e os desafios ainda a serem enfrentados no país para a implementação dos veículos elétricos.

Por fim, é realizada uma análise de viabilidade econômica que mostra a possibilidade atual da substituição dos veículos convencionais por modelos elétricos como consequência do alto custo de aquisição dos veículos elétricos. A popularização dos veículos elétricos, o aumento da demanda e a produção em massa acarretam em uma redução no custo do veículo, proporcionando sua disseminação.

O estudo está pautado por uma justificativa ambiental, pois ao verificar o dado momento ecossistêmico que se enfrenta no Brasil, os usuários de automóveis podem enfrentar instabilidades, no que concernem aos impactos ambientais causados pelo transporte. Deste modo este estudo pode contribuir para mitigar alguns problemas, como o transporte é um

setor relevante no que compete ao consumo final de energia. A adoção de políticas de eficiência energética veicular é fundamental para reduzir o consumo de energia e emissões de gases de efeito estufa.

O estudo pretende demonstrar a comparação entre a eficiência energética entre os veículos elétricos e movidos à combustão fósseis, verificando também os aspectos que correspondem os impactos ambientais que ambos produzem.

Desse modo se faz necessário uma fundamentação teórica sobre a temática, que procura consolidar o conhecimento que se tem sobre o assunto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica foi pensada em três tópicos, prestando-se inicialmente informações acerca do torque e potência entre motor à combustão e elétrico. Aborda-se também à questão socioambiental e a questão financeira, discutindo-se sobre os graves prejuízos ao meio ambiente dos veículos à combustão e elétricos, além dos aspectos econômicos e financeiros.

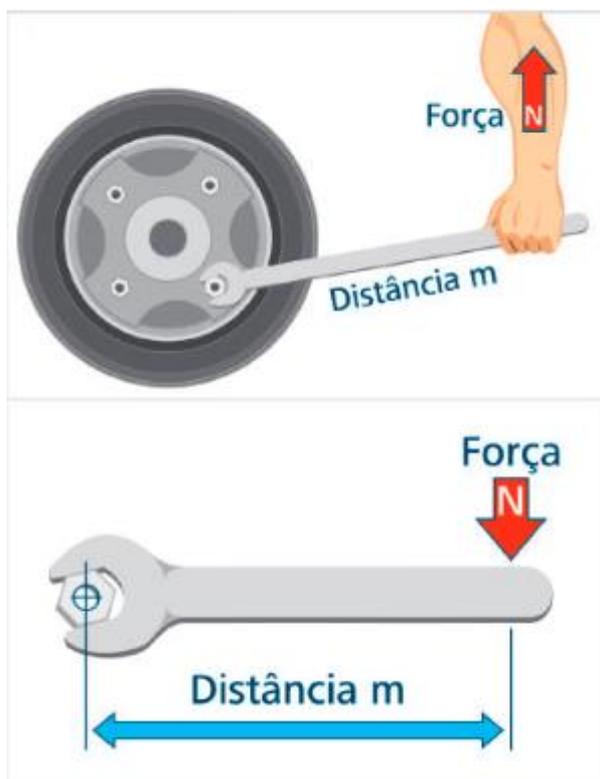
2.1 Torque e Potência do motor à combustão e motor elétrico

A partir da norma ABNT NBR ISSO 1585:1996, a medição de torque e potência de um motor deve seguir esta diretriz, que avalia o desempenho e observa a apresentação das curvas de potência e consumo específico de combustível à plena carga em função da rotação do motor. Para tanto, para entender sobre torque e potência, deve-se observar que ocorrem pelo movimento de um sistema mecânico.

Torque é uma medida de força que age num objeto, por exemplo, girar ao redor de um eixo (TILLMAN, 2013; KHAN ACADEMY, 2020). Conforme representado na Figura 4, em que o homem faz força, por meio da chave de boca e gira o parafuso da roda:

Figura 4 – Esquema representativo do torque

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros



Fonte: Tillmann (2013)

E a potência é uma medida da taxa de energia transferida ou de ações de forças físicas de contato, ou seja, determina a quantidade de energia concedida por uma fonte a cada unidade de tempo (TILLMAN, 2013; KHAN ACADEMY, 2020).

No que concerne o torque e a potência nos veículos com tecnologia de propulsão é necessário o carro atingir certa rotação do motor para obter-se torque ou liberar torque. Neste sentido, se gasta recursos, como o combustível, para obter torque e potência. Já nos automóveis elétricos o torque e a potência são instantâneos, ao pisar no acelerador já há a liberação de imediato dessas medidas.

Os carros convencionais não possuem torque suficiente para fazer o veículo sair do estado de inércia, quando estão parados. Então, o sistema de marcha é utilizado para elevar a força do motor em diversas situações.

De acordo com Santos (2017, p. 40), o veículo elétrico possui um torque de partida elevado, pois o torque está disponível, no máximo, desde o motor de partida, não precisando atingir determinado nível de giros do motor, como ocorre nos carros tradicionais que apresentam sistema de embreagem e câmbio que dissipa até 20% da energia do motor.

Conforme o Plano de apoio do Plano de energia 2050, o indicador de grau de hibridização (GH), que mede a potência relativa do subsistema elétrico variando entre 0 e 1,

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

encontrou que o carro à propulsão apresenta o GH=0, enquanto os automóveis alimentados plenamente por eletricidade possui o GH=1 (EPE, 2018). Revelando que o veículo elétrico apresenta potência mais eficiente que um carro convencional.

A partir disso, no próximo tópico aborda-se a questão dos impactos ambientais entre os veículos à combustão e elétricos.

2.2 Veículos elétricos e à combustão e seus impactos socioambientais

No Brasil, os derivados de petróleo como gasolina e óleo diesel são os combustíveis mais utilizados nos automóveis. A utilização de energia é indispensável para as atividades do dia-a-dia e para os homens, os combustíveis fósseis são a principal fonte de energia, de acordo com Pozzagnolo (2014). Este autor ainda aponta que os usos de combustíveis de fontes não renováveis apresentam impactos ambientais, no que toca às emissões de poluentes na atmosfera e mudanças climáticas.

Os carros movidos a combustão são os principais responsáveis pela emissão de gases poluentes, como o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxido de nitrogênio (NO_x), etc. (POZZAGNOLO, 2014), pois esses poluentes são provenientes do processo de combustão incompleta, em que o combustível injetado no cilindro não consegue a quantidade básica de ar para sua queima e são lançados pelo escapamento do automóvel (GUARIEIRO et al, 2011).

A emissão de poluentes atmosféricos lançados pelos automóveis movidos à combustão pode ser minimizada com o uso de catalisadores nos sistemas de descargas dos automóveis (GUARIEIRO et al, 2011). A utilização de etanol como combustível é uma alternativa social e ambientalmente positiva, visto que, o etanol é derivado da cana de açúcar, no Brasil e no que se refere às emissões de gases poluentes, o álcool, produz em geral, menos poluentes do que a gasolina e o diesel, já que possibilita uma queima mais completa e com menor emissão de CO e material particulado (GUARIEIRO et al, 2011).

Para Vonbun (2015) não é possível afirmar se os veículos elétricos podem realmente contribuir para o controle da poluição atmosférica no curto prazo, uma vez que há inúmeros fatores envolvidos. Não obstante, para os centros urbanos que apresentam mais poluição que outros setores, podem conter benefício ambiental, se o trajeto for curto. Haja visto que os veículos de propulsão são mais poluentes e menos eficientes quando operam em temperaturas não ideais de funcionamento. Quando o trajeto cotidiano é insuficiente para atingir a

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

temperatura ideal, há uma elevação de consumo e poluição. Logo, o carro elétrico pode solucionar esse problema, já que é ideal para curtos trajetos, já que não possui a mesma autonomia que um carro tradicional (VONBUN, 2015).

Os automóveis motorizados, além da poluição atmosférica, também apresentam poluição sonora e dispõe de grande volume de resíduos sólidos, segundo revela Medina (2003). Contudo os veículos com motor a combustão amenizam outros impactos ambientais, como a reutilização das baterias de chumbo-ácido (PbA), pneus que podem ser recicladas, vidros, plásticos materiais metálicos, borrachas, etc., buscando oferecer uma cadeia produtiva mais sustentável (MEDINA, 2003).

Medina (2003) indica que a reutilização dos materiais representa soluções para reduzir o peso, estender a resistência das peças e a eficiência dos sistemas de consumo e de segurança dos veículos em geral. A reciclagem pode tornar mais econômica os veículos. Os óleos, combustíveis e outros fluidos recicláveis também são reaproveitados, na qual são enviados para intermediários “que se encarregam de seu transporte para unidades de tratamento” (MEDINA, 2003, p. 36).

Numa visão holística a reciclagem contribui de forma positiva para o meio ambiente, trazendo vantagens econômicas, tanto de energia quanto a financeira, para alguns os setores de atividade industrial e, também para a população. Visto que poupa a exploração de insumos minerais ou vegetais, em que os percentuais desta economia de energia são: 95% para o alumínio, 85% para o cobre, 80% para os plásticos, 74% para o aço, 65% para o chumbo e 64% para o papel (MEDINA, 2003). Há ainda o benefício de reduzir a poluição do ar, na qual as emissões provocadas pelo aço são reduzidas em 8% e no caso do papel 74% (MEDINA, 2003).

Nos veículos elétricos, no Brasil, usa a bateria íons de lítio. O lítio é um material presente em rochas vulcânicas e sais minerais, logo é um elemento de quantidade considerável, na casca terrestre há 65 partes por milhão (CASTRO, CONSONI, 2020). Contudo, em 2017, a demanda anual do principal elemento para a fabricação da bateria dos automóveis elétricos chegou por volta de 40 mil toneladas. Tendo um crescimento de 10% desde 2015. Assim, o preço do metal aumentou e outras questões surgiram, como a preocupação das reservas de lítios não ser capaz de abastecer o crescente mercado, segundo Castro e Consoni (2020).

A bateria íons de lítios utilizadas nos automóveis elétricos não é recondicionada, visto que ainda nem se fabrica esse tipo de bateria no país. A maior parte é produzida no Japão e na

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

Coréia do Sul, onde aproximadamente 25% a 40% da geração de eletricidade dependem do carvão. Portanto, ainda há emissões de gases poluentes na atmosfera (CASTRO; CONSONI, 2020).

Apesar de ainda não haver tecnologia para reciclar a bateria de íon de lítio, esta é menos tóxica, causa menos danos ambientais (AZEVEDO, 2018) e tem a durabilidade superior à bateria de chumbo-ácido utilizada nos veículos movidos à combustão, em que a atual tecnologia apresenta tempo de vida útil aproximadamente de 10 anos ou 1500 ciclos, o que vier primeiro, segundo Santos (2017).

Por causa da grande quantidade de diferentes elementos nas baterias de íon-lítio é complexo o seu processo de reciclagem. Encontram-se diversos materiais em pó, envolvidos em lâminas metálicas em cada célula e que devem ser separados, durante o processo de reciclagem. Os componentes que não podem ser reutilizados devem ser descartados adequadamente em aterros sanitários. Poucas empresas no mundo, atualmente, fazem a reciclagem desse tipo de baterias, como exemplo, a belga Umicore e a canadense Retrie Technologies (EPE, 2018).

As baterias de íon-lítio ao chegar aproximadamente 80% da sua capacidade já não são mais adequadas para utilização em veículos movidos a eletricidade (EPE, 2018). Contudo podem apresentar usos secundários, como bateria de emergência, para uso estacionário, etc. Dependendo da sua utilização, a vida útil da bateria pode ser estendida em até 20 anos (EPE, 2018).

Sobre a sustentabilidade, os carros elétricos possuem emissão zero de poluentes no ar (SANTOS, 2017). E o seu consumo energético é menor que o consumo dos carros com motor a combustão, já que o rendimento na conversão em energia mecânica é de 90% da energia elétrica no carro elétrico e a conversão da energia da gasolina é de 25%, no automóvel movido a combustão. Neste sentido, os veículos convencionais são menos eficientes que um veículo elétrico (SANTOS, 2017).

No que se refere ao consumo de cobre um carro tradicional contém aproximadamente 25 kg de cobre e suas ligas, dependendo da marca e modelo. Já o carro elétrico varia de 68 kg a 81 kg, isto é, o consumo desse metal é bem maior veículos elétricos do que nos veículos à combustão (REIS, et al, 2019). Segundo Reis et al (2019), em 2011 houve um déficit de produção no mercado mundial do cobre apresentou na ordem de 241 mil toneladas.

Em resumo, tanto os veículos movidos à combustão e os carros elétricos apresentam impactos ambientes na sua produção, em que requerem extração e refinação de metais, além

de consumir energia abundante para a fabricação desses automóveis. Aborda-se na próxima seção sobre os aspectos econômicos e financeiros, no que concerne aos carros elétricos e os automóveis com motores à combustão.

2.3 Aspectos econômicos e financeiros dos veículos elétricos e movidos à combustão

É evidente que há vantagens e desvantagens entre os veículos elétricos e os carros convencionais. E um dos benefícios dos automóveis elétricos é a menor necessidade de manutenção, visto que a bateria é mais durável e possuem menos peças móveis que a dos carros à combustão, não necessitando de lubrificações, uso de fluídos e não necessitar do sistema de marchas, o câmbio apresenta apenas a função de acelerar e ré (SANTOS, 2017).

Entretanto, o custo da bateria corresponde cerca de 40% a 50% do custo total do automóvel e o seu peso pode chegar a aproximadamente 450kg (SANTOS, 2017). O valor médio de um carro elétrico é superior de um veículo à combustão e possui poucos modelos a serem comercializados no Brasil (SANTOS, 2017). Com o valor de um automóvel elétrico popular, é possível comprar um veículo tradicional de um segmento superior (SANTOS, 2017).

Segundo Faller e Junior (2019) os custos das baterias de íon lítio, que são característicos dos carros movidos à eletricidade, caíram de 650 dólares/kWh em 2013 para 176 dólares/kWh. E isso se deve ao desenvolvimento tecnológico e aumento de escala de produção, impulsionada com a alta demanda promovida pelos automóveis elétricos.

À medida que crescer a produção de carros elétricos, os custos diminuirão, dessa forma irá popularizar a sua circulação no país. Conforme Faller e Junior (2019) ao abastecer um veículo elétrico o valor será por volta de R\$0,16 por km rodado, ao passo que o automóvel à combustão o custo médio é de R\$0,35 por km. Deste modo, a aumento da demanda poderá modificar o preço de mercado e tornar mais vantajosa economicamente.

À medida que aumenta a popularização dos veículos elétricos, haverá também a demanda elevada de carga sobre o sistema elétrico e das redes de transmissão, que possivelmente precisará de investimentos para sua readequação, “em adição ao crescimento natural da demanda por energia, oriundo da expansão das demandas tradicionais” (VONBUN, 2015, p. 23).

Segundo o Plano de apoio ao Plano de Energia 2050, deve-se adequar a oferta de energia elétrica, com o aumento de veículos elétricos. É necessária a rede de distribuição se

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

organize e crie estímulos para que os usuários recarreguem seu automóvel sem sobrecarregar o sistema elétrico, em horários que não forem de pico (EPE, 2018). Para que isto ocorra, são necessárias:

- i) a criação de tarifas específicas para cada faixa horária e a implantação de redes inteligentes capazes de monitoramento;
- ii) gestão da rede, a manutenção integrada, infraestruturas avançadas de medição;
- iii) resposta à demanda, integração de energias renováveis, veículos elétricos, armazenamento de energia. Devido à complexidade física e institucional dos sistemas elétricos é pouco provável que as redes inteligentes sejam implementadas apenas pelas forças do mercado. Governos, setor privado, consumidores e órgãos ambientais devem definir conjuntamente as necessidades do sistema elétrico e determinar as soluções de redes inteligentes. Esta constatação é analogamente aplicável ao caso brasileiro (EPE, 2018, p.16).

Em suma, caso há a popularização dos carros movidos a eletricidade, conseqüentemente haverá a elevação da complexidade das redes elétricas, o que refletirá em maiores custos de instalação de infraestrutura. Conforme o Plano de apoio ao Plano de Energia 2050 calcula-se um valor médio para construir a rede de recarga entre US\$ 1.000 a US\$ 2.000 por veículo (EPE, 2018).

No que se refere à taxa de depreciação, o carro movido à combustão interna é menor, uma vez que o automóvel elétrico ainda é recente no mercado e não se sabe o que pode acontecer após mais cinco anos de uso. Além disso, a compra desses veículos usados, já sem garantia, provoca receios aos consumidores (SANTOS, 2017). E para os usuários que gostam de velocidade, os carros elétricos frustram por não conseguir atingir velocidades tão altas como os veículos com motor a combustão (SANTOS, 2017), com exceção de desembolsar valores bem discrepantes para se comprar um carro elétrico da *Tesla Model S*, que acelera de 0 a 100km/h em 2,1 segundos.

Já os carros convencionais requerem mais manutenções, por haverem necessidades de trocas constantes de óleo do motor e reposição de combustível. As tecnologias dos motores à combustão são dominadas e há diversas oficinas e fábricas de carros no país, movimentando a economia brasileira.

Portanto, há grande facilidade de achar profissionais que realizam a manutenção dos carros à explosão interna. No que concerne aos técnicos especializados em carros elétricos são pouquíssimos, tanto os que atendem em concessionárias, quanto em oficinas independentes. Isso se deve aos poucos treinamentos e cursos oferecidos no país e quando são disponibilizados apresentam um valor bastante oneroso e isso acaba refletindo no preço final da manutenção de um carro movido à eletricidade.

Nos carros à propulsão, há diversas baterias no mercado e que apresentam valores mais baixos comparados aos carros elétricos, porém menos duráveis por conta da sua composição, mas que possuem tecnologia para a se reutilizar e reciclar.

No Brasil ainda não apresenta vários pontos de recargas e oficinas especializadas para veículos elétricos, além de ainda não produzir carro movido a eletricidade no país, sendo a maioria importada, logo há mais tributações que incidem sobre o carro elétrico (SANTOS, 2017). Na Alemanha e em outros países europeus há incentivos para a compra de automóveis elétricos, pelo governo, como a isenção de impostos, subsídios ou bônus para a aquisição da nova frota.

Quanto às análises dos aspectos financeiros e econômicos dos veículos elétricos não são muito motivantes, visto que destacam, não somente o alto valor de compra e a demora em se obter o *payback*, mas também acentuam a baixa autonomia das baterias, as questões relativas a sua infraestrutura de recarga e o liame entre os preços de combustíveis e os da energia (VONBUN, 2015).

É necessário verificar a relação custo-benefício dos veículos elétricos, pois este modelo apresenta uma matriz energética limpa e sustentável, porém mais que isso, é importante analisar “quão limpa é a geração incremental de energia, sob pena de se trocar um tipo de poluição por outro a custo financeiro elevado” (VONBUN, 2015, p. 33).

Em suma, é importante considerar fatores como o valor dos veículos, disponibilidade da matriz energética, os níveis de emissões emitidos para produzi-los ou para movimentar-se e os aspectos relativos aos hábitos dos usuários, à manutenção e segurança dos carros.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia desse trabalho será pesquisa qualitativa e estudo bibliográfico para realizar uma revisão do tema levantando dados e informações para agregação de conhecimento. Com base em Gil (2002), esta pesquisa pode ser classificada como descritiva, em que descreve as características de determinada população ou fenômeno. Quanto à abordagem do estudo, ele é qualitativo, dado o propósito de identificar e analisar a eficiência energética entre um veículo elétrico e um veículo a combustão.

Após a coleta de dados, os procedimentos utilizados foram: identificar as eficiências energéticas dos veículos elétricos; as eficiências energéticas dos automóveis movidos à combustão e a síntese comparativa entre carros movidos a combustão e veículos elétricos.

A próxima seção trata sobre a análise dos resultados do estudo, a partir dos conteúdos que se embasa num conjunto de técnicas de análise de comunicações, sendo o seu processo de maneira objetiva e sistemática (BARDIN, 2002; MARTINS; THEÓPHILO, 2007).

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados obtidos são apresentados, a partir da análise dos dados coletados. Foram organizados os seguintes subtópicos: as eficiências energéticas dos veículos elétricos; as eficiências energéticas dos automóveis movidos à combustão e; síntese comparativa entre carros movidos a combustão e veículos elétricos.

4.1 Eficiências energéticas dos veículos elétricos

Os automóveis elétricos possuem alta eficiência energética e são categorizados pela fonte da energia elétrica que mantém o motor elétrico e pelo arranjo dos componentes do sistema de tração elétrica (SANTOS, 2017). Os veículos elétricos apresentam o rendimento na conversão em energia mecânica de 90% da energia elétrica no automóvel elétrico (SANTOS, 2017).

Os veículos elétricos precisam de eletricidade para gerar movimento e acionar as rodas, portanto não necessitam de combustíveis fósseis para funcionar, diminuindo a questão do uso de fontes não renováveis. Os automóveis elétricos emitem zero gases na atmosfera, já que não há queima de combustíveis (SANTOS, 2017).

Quanto à eficiência energética de uma bateria pode-se verificar que há a diminuição de sua carga, por causa dos ciclos de carga e descarga, além da forma de carregamento. Há a perda de energia com o tempo de uso. A sua capacidade energética é observada pelo valor teórico de corrente que a bateria viabiliza durante uma hora de funcionamento (AZEVEDO, 2018). A principal desvantagem do carro movido à eletricidade é a sua dependência de baterias, que ainda oferece pouca densidade energética.

A recarga dos veículos elétricos, no caso dos eletropostos, são aproximadamente 30 minutos, esse é o tempo para abastecer cerca de 80% de uma bateria. A recarga de uma bateria de um carro elétrico requer 24 KWh, esse valor equivale ao consumo por sete horas de um chuveiro elétrico convencional (ANTUNES, 2018, p. 60).

Quanto a autonomia média de um veículo elétrico está entre 100 e 200 km, dependendo da marca, modelo do veículo, a utilização, o estilo de condução, o percurso e o uso do ar condicionado (SANTOS, 2017).

Segundo Faller e Junior (2019) um automóvel movido a eletricidade apresenta um consumo de energia média de 20,6 kWh/100 km, incluso as perdas do carregamento. De acordo com os autores Faller e Junior (2019), o carro elétrico utiliza aproximadamente 44% menos energia que comparado ao motor a combustão interna.

Entretanto, para o veículo elétrico “protagonize uma verdadeira revolução em termos de eficiência energética” necessita-se planejar uma destinação aos seus resíduos, que ainda não possuem a tecnologia para a sua reutilização e é preciso expandir as fontes renováveis de energia, caso contrário se aproveitará somente uma parte desse enorme potencial (FALLER; JUNIOR, 2019).

À vista disso, faz-se necessário analisar as eficiências energéticas dos veículos com motor à combustão para melhor entendimento.

4.2 Eficiências energéticas dos veículos movidos à combustão

O rendimento energético do carro à combustão, comparado ao veículo elétrico, é menor, já que o seu grau de conversão de energia é menor, em que no motor à combustão o rendimento na conversão em energia mecânica é de aproximadamente 25% da energia da gasolina. Mas muitos aperfeiçoamentos dos motores foram feitos, com a finalidade de melhorar o desempenho e eficiência dos automóveis.

No que se refere ao rendimento do motor do carro à combustão, pode-se observar que há eficiência do enchimento dos cilindros por ar e eficiência da combustão (AZEVEDO, 2018). O automóvel movido à combustão possui maior autonomia em quilômetros por litro de combustível do que o veículo elétrico e apresenta a melhor relação custo benefício.

Segundo Faller e Junior (2019) o veículo convencional apresenta o consumo de gasolina, em uso rodoviário, de aproximadamente 7,14 L/100 km. Se considerar a gasolina do tipo A, com o poder calorífico de 10.400 kcal/kg e densidade de 0,742 kg/L, propicia-se energia disponível de 7.717Kcal/L, correspondendo a 8,97 kWh/L. Portanto, o carro à combustão possui um consumo de 64,04 kWh/100 km (FALLER; JUNIOR, 2019).

A eficiência dos motores a combustão interna oscila entre 12% a 30%, apesar de que com o surgimento de novas tecnologias, as eficiências sobem até 45%. Para tanto as

condições ideais de trânsito para tal eficiência é incomum, por isso que o motor elétrico apresenta grande vantagem, no que se refere ao consumo de energia, é mais estável e constante (FALLER; JUNIOR, 2019).

Tendo em vista estas considerações, torna-se necessário abordar um resumo que compare os veículos convencionais e elétricos.

4.3 Síntese comparativa entre carros movidos a combustão e veículos elétricos

A partir das informações apresentadas, segue uma síntese comparativa entre os veículos elétricos e movidos à propulsão, a fim de melhor compreensão sobre o assunto.

Os carros elétricos são mais econômicos no que se refere à manutenção, já que não apresentam grande parte de peças móveis, segundo Paixão (2019) um veículo com motor a combustão tem aproximadamente 350 partes móveis e o elétrico tem 50. Logo, há menos resíduos e menos peças para dar algum problema inesperado.

Quanto à questão ambiental, os veículos elétricos são menos nocivos ao meio ambiente, não emitem gases poluentes para a atmosfera e isso melhora a qualidade do ar. Mas está longe de ser completamente sustentável, uma vez que a maioria dos carros é importada, não se fabricam no Brasil e para chegar até aqui vem de navio ou outro transporte que utiliza um combustível de fonte não renovável ou que impacta o meio ambiente. Para Faller e Junior (2019, p.2) “não faz muito sentido queimar combustível para teoricamente evitar a queima de combustível”.

A sua fabricação também, assim como os automóveis dependentes de combustíveis fósseis, há a exploração de metais de transição, como o Cobalto e alternativamente Manganês e Níquel e suas reservas estão ficando escassas (CASTRO; CONSONI, 2020). Conforme o Instituto Fraunhofer de Física de Construção, a produção de um automóvel movido à eletricidade emite o dobro de emissões de gases nocivos ao meio ambiente que a fabricação de um carro à combustão, em que ocorrem danos ambientais sistemáticos, com florestas tropicais desmatadas, solos e rios contaminados (FISCHER, 2016).

O lítio que o principal ingrediente para a produção das baterias para carros elétricos e é encontrado em rochas vulcânicas e sais naturais, no:

lago salgado de Chabyer no Tibete, no Salar de Atacama no Chile e no Salar de Uyuni, na Bolívia. No chamado triângulo de lítio que inclui Chile, Argentina e Bolívia, o material é encontrado em salmoura sob as salinas do deserto. A salmoura é bombeada e deixada evaporar em grandes lagoas durante vários meses e depois

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

refinada em carbonato de lítio bruto que é misturado com outros materiais para construir um cátodo de bateria. (CASTRO; CONSONI, 2020, p.8).

Para a fabricação das baterias dos veículos elétricos requer mais energia e isso acaba produzindo mais impactos ambientais, já que é necessária muita energia e calor para extrair e refinar metais de terras inóspitas (CASTRO; CONSONI, 2020).

Conforme Fischer (2016) calcula-se que cada quilowatt/hora de capacidade elétrica equivale à emissão de 125 kg de dióxido de carbono. Desse modo, uma bateria para veículo elétrico de 22 kW/h, pode acarretar emissões de quase três toneladas de CO₂. O autor ainda reforça que grande parte das carrocerias dos automóveis movidos à eletricidade é manufaturada com alumínio e metal leve da qual a sua produção se dá pelo minério bauxita, o que acaba demandando grande consumo de energia (FISCHER, 2016).

Em relação ao rendimento energético, os carros elétricos são mais eficientes que os automóveis tradicionais (CASTRO; CONSONI, 2020), alcança-se em pouquíssimo tempo uma rotação máxima. Os veículos à combustão que utilizam o ciclo Otto possuem o rendimento entre 22% a 30%, haja vista que dependem de vários fatores, como a condição das peças móveis, pois se pode haver perdas térmicas, gastas pelo sistema de arrefecimento do cilindro e mecânicas, absorvida pelos atritos internos do motor, o que influencia na sua performance (TILLMANN, 2013; SANTOS, 2017).

Quanto à autonomia, o carro elétrico possui a autonomia bem restrita, quando comparado com os veículos à combustão. E, no Brasil, há poucos suportes de carregamento para carros elétricos, que são os eletropostos ou postos de carregamento (ANTUNES, 2018; SANTOS, 2017). Para o usuário de um carro elétrico fazer viagens mais longas, terá que fazer mais paradas a cada 100 a 200 km e, por enquanto não é qualquer região que tem eletropostos.

No tocante a segurança, Vonbun (2015) menciona que essa questão é referente somente à ausência de barulho e ruídos dos carros movidos à eletricidade, o que poderia acarretar acidentes em cruzamentos, uma vez que as pessoas poderiam não perceber a aproximação dos automóveis.

No que tange ao recarregamento dos veículos elétricos, o investimento para a criação de eletropostos ou estações de recarga são elevadíssimos. Já o recarregamento na residência do próprio usuário também poderá haver um custo alto, uma vez que deverá atender os padrões de interface de recarga (VONBUN, 2015).

É importante destacar que a forma de dirigir os veículos elétricos e também a maneira de utilizá-los está ligada ao uso racional da rede, haja vista que com o uso prolongado da

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

climatização do carro e outros acessórios periféricos podem consumir mais rápido a energia da bateria e ter que recarregar o automóvel com mais frequência, diminuindo a vida útil. Além de que a rede elétrica atravessou momentos recentes de estresse, com risco de interrupção generalizada do fornecimento de energia e pelo país estar se aproximando do esgotamento do potencial de expansão hidrelétrica (VONBUN, 2015).

Segue, a partir dos dados e informações obtidas, a Tabela 2 que permite analisar as sínteses comparativas entre carros movidos à combustão e veículos elétricos:

Tabela 2 – Síntese comparativa entre carros elétricos e movidos à combustão

	Veículos elétricos	Veículos à combustão
Eficiência energética	<ul style="list-style-type: none">- São mais eficientes;- Alcança-se em pouquíssimo tempo uma rotação máxima;- Pouca autonomia.	<ul style="list-style-type: none">- Rendimento de 22% a 30%;- Maior autonomia.
Questão socioambiental	<ul style="list-style-type: none">- Não poluem sonoramente;- Menos nocivos ao meio ambiente, não emitem gases poluente para a atmosfera;- Sua fabricação emite o dobro de emissões de gases nocivos ao meio ambiente.	<ul style="list-style-type: none">- Emitem gases poluentes;- Funcionam por meio de combustível fóssil (fonte não renovável).
Aspecto financeiro	<ul style="list-style-type: none">- Alto preço médio do veículo;- Alto custo da bateria até 50% do valor do carro;- Alta dependência de baterias, que oferece pouca densidade energética;- Menor necessidade de manutenção;- Poucos modelos de automóveis;- Poucas estações de recarga (eletropostos).	<ul style="list-style-type: none">- Requer mais manutenções;- Presença de diversas fábricas e oficinas de manutenção;- Melhor custo-benefício.

Fonte: Autoria própria

De modo geral, o rendimento energético dos automóveis depende de fatores tecnológicos, econômicos e de sustentabilidade. Os fabricantes estão aperfeiçoando cada vez mais os motores, a fim de aumentar o desempenho e eficiência dos carros. Em relação aos veículos à combustão está havendo estudos para garantir melhor aproveitamento do combustível, no que concerne desempenho e menor consumo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

Este trabalho comparou o rendimento energético dos veículos elétricos e os carros movidos a combustíveis fósseis, também se verificou as questões ambientais e os aspectos financeiros dos automóveis.

A partir desse estudo, pode-se verificar que os veículos elétricos são mais eficientes energeticamente e possuem menos perdas se comparados aos carros convencionais, visto que o carro movido eletricamente consegue converter de 70 a 90% da energia armazenada na bateria em movimento. Já o carro movido à combustão converte de 10 a 15% da energia na forma de combustível.

Entretanto, apresentam, na sua fabricação, impactos ambientais até maiores do que os carros à combustão, por causa da extração e refinação de materiais que existem apenas em terras raras. Ademais, os veículos elétricos possuem em sua composição elementos que ainda não podem ser recicladas ou reutilizadas.

Estudos estão sendo realizados para que as baterias dos veículos elétricos, no futuro, tenham maior capacidade e que não precisem ser substituídas com frequência. Além de desenvolverem métodos para recondicionar as baterias já avariadas ou terem outro uso, a fim de não deixar resíduos e apresentar uma solução para as baterias após a sua vida útil. Somente assim, após os fabricantes conseguirem aprimorar esses pontos é que se podem obter resultados contundentes e que contribua e potencialize os benefícios ambientais.

Os veículos elétricos valem a pena apenas quando estão em condição de uso, circulando, pois emitem menos gases de efeito de estufa e poluentes atmosféricos do que os carros com motores movidos a combustível fóssil, conseqüentemente acarretará atenuações das variações climáticas, melhor qualidade do ar e reduz ruídos, já que o automóvel movido à eletricidade é bem silencioso.

Os automóveis elétricos solucionam alguns problemas, em relação à crise energética, uma vez que as reservas de petróleo podem acabar. Ou seja, o automóvel elétrico apresenta o potencial de diminuir a demanda global de combustíveis fósseis como matriz energética.

Contudo a popularização dos veículos elétricos ainda está longe de acontecer, uma vez que o preço médio do automóvel é bem superior à de um carro tradicional. O valor das baterias, quando precisam ser substituídas, pode ser impraticável, dado que são dispendiosas e representam a grande parte do custo dos veículos elétricos. A capacidade pequena de armazenamento das baterias, seu peso e o tempo elevada para carga são aspectos limitantes. Ademais a durabilidade da bateria está abaixo do esperado, já que a troca da bateria é algo plausível de ocorrer durante a vida útil dos veículos.

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

A tecnologia dos carros movidos a eletricidade, atualmente, ainda não está ideal, como o valor das baterias e sua vida útil, seus efeitos sobre a rede de transmissão, assim como a sua viabilidade financeira em comprar um veículo desse modelo que é mais caro do que os automóveis tradicionais. É notória a necessidade de melhorias na tecnologia das baterias que são pesadas, custoso, de durabilidade e segurança incertas.

Todavia, para a popularização do veículo elétrico ocorrer de forma mais expansiva, o Brasil tem que investir em pontos de abastecimentos para os veículos elétricos, reduzir os tributos de importação ou incentivar a produção no país, oferecer empréstimos, subsídios e/ou isenções para os consumidores. Também é necessário repensar à base de ampliação do setor elétrico, focando no desenvolvimento de fontes renováveis e complementares de energia. Assim poderá haver um aumento na tendência global de eletrificação da mobilidade.

Outro obstáculo a ser vencido para o carro elétrico é ganhar a preferência dos consumidores por veículos de alto desempenho, já que neste ponto os veículos de propulsão possuem expertise. O desconhecimento da tecnologia e qualidade empregada nos veículos elétricos também impede os consumidores a comprarem esse modelo de automóvel.

Espera-se que o resultado desse estudo possa contribuir para a reflexão e debate sobre o tema para a comunidade em geral, com a finalidade de compreender o Projeto de Lei do Senado nº 304/2017 e suas implicações.

A pesquisa teve como limitação os poucos estudos que abordam sobre os carros elétricos. Posto isto, recomenda-se para os próximos estudos ampliar a amostra e comparar o rendimento energético, o aspecto ambiental e financeiro de carros híbridos, na qual se podem aproveitar as tecnologias dos veículos à combustão e elétrico, focado na melhoria da eficiência energética e, também contrapor com os veículos que utilizam diesel, biocombustíveis e carros que utilizam célula de combustível (hidrogênio), para melhor entendimento do assunto.

6. REFERÊNCIAS

ANTUNES, P. D. R. (2018). **Veículos elétricos, funcionamentos e seus benefícios**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). UNIFACVEST. Disponível em:<
https://www.unifacvest.net/assets/uploads/files/arquivos/7af59-22_paulo_donizete.pdf>.
Acesso em 17 de Set. 2021.

AZEVEDO, Marcelo Henrique. (2018). **Carros elétricos: viabilidade econômica e ambiental de inserção competitiva no mercado brasileiro**. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação). Universidade Federal de Ouro Preto. Disponível em:<
REGMPE, Brasil-BR, V.7, Nº1, p. 73-92, Jan./Abr.2022 www.revistas.editoraenterprising.net Página 89

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1579/6/MONOGRAFIA_CarrosEl%C3%A9tricosViabilidade.pdf>. Acesso em 29 de Out. 2021.

BARDIN, L. (2002). **Análise de Conteúdo**. (L., Antero Neto; A. Pinheiro, trad.). (70ª ed.). São Paulo: Lisboa.

BRASIL, SENADO FEDERAL. (1997) **Projeto de Lei do Senado nº 304 de 2017**. Institui a política de substituição dos automóveis movidos a combustíveis fósseis e altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro) para dispor sobre a vedação a comercialização e a circulação de automóveis movidos a combustíveis fósseis. Disponível em:< <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=7152126&ts=1593910155748&disposition=inline>>. Acesso em 15 de Set. 2021.

CASTRO, C. P.; CONSONI, F. L. (2020). Diagnóstico dos Cenários de Manejo Ambiental do Uso e Disposição Final de Baterias de Lítio de Veículos Elétricos. **Revista Científica e-Locução**, edição 17, ano 9.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2018). **Eletromobilidade e Biocombustíveis: documento de apoio ao PNE 2050**. Rio de Janeiro.

FALLER, Daniel; JUNIOR, Pedro Masiero. (2019) A eficiência energética dos veículos elétricos, as oportunidades e desafios para o setor elétrico brasileiro. **Agência Canal Energia**. Rio de Janeiro.

FERNANDES, Gláucia; GOMES, Carlos Eduardo Paes dos Santos.(2019). **A soundless path: sinergia entre o futuro da mobilidade e o setor elétrico**. FGV: Boletim Energético. Disponível em:< <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/bc/article/viewFile/80679/77024>>. Acesso em 07 de out. 2021.

FISCHER, Hilke. (2016). Carro elétrico é mesmo alternativa para reduzir emissões? **DW**, 30 de Jul. 2016. Disponível em:< <https://www.dw.com/pt-br/carro-el%C3%A9trico-%C3%A9-mesmo-alternativa-para-reduzir-emiss%C3%B5es/a-19433141>>. Acesso em 05 de Nov. 2021.

GUARIEIRO, Lilian L. N.; VASCONCELLOS, Pérola C.; SOLCI, Maria Cristina. (2011). Poluentes Atmosféricos Provenientes da Queima de Combustíveis Fósseis e Biocombustíveis: Uma Breve Revisão. **Revista Virtual de Química**. v. 3, n. 5, p.434 - 445.

KHAN ACADEMY. (2020). **O que é potência?**. Disponível em:< <https://pt.khanacademy.org/science/physics/work-and-energy/work-and-energy-tutorial/a/what-is-power>>. Acesso em 01 de Nov. 2021.

_____.(2020). **Torque**. Disponível em:< <https://pt.khanacademy.org/science/physics/torque-angular-momentum/torque-tutorial/a/torque>>. Acesso em 01 de Nov. 2021.

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

MARTINS, G. de A.; THEÓPHILO, C. R. (2007). **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. São Paulo: Atlas.

MEDINA, Heloisa Vasconcellos de. (2003). **Reciclagem de automóveis: estratégias, práticas e perspectivas**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT.

PAIXÃO, André. (2019). Manutenção de carros elétricos pode ser até 50% mais barata, mas exige oficinas mais especializadas. **Auto Esporte**, São Paulo, 24 de Set. 2019. Disponível em:< <https://g1.globo.com/carros/carros-eletricos-e-hibridos/noticia/2019/09/24/manutencao-de-carros-eletricos-pode-ser-ate-50percent-mais-barata-mas-exige-oficinas-mais-especializadas.ghtml>>. Acesso em 02 de Nov. 2021.

POZZAGNOLO, M. (2014). **Análise das Emissões de Gases em Veículos Automotores do Ciclo Otto**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Univates. Disponível em:< <https://univates.com.br/bdu/bitstream/10737/393/1/MarceloPozzagnolo%20.pdf>>. Acesso em 27 de Out. 2021.

REIS, Emerson Paulino dos; FERREIRA, Glaucia Katiuscia; SILVA, Natan Felipe Silva; CASTRO, Daniel Enrique Castro. (2019). A importância da reciclagem do cobre na sustentabilidade de carros elétricos. **Revista Conexão Ciência I**, vol. 14I, nº 3I.

SANTOS, A. C. F. R. (2017). **Análise Da Viabilidade Técnica e Econômica de um Veículo Elétrico Versus Veículo a Combustão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Eficiência Energética). UFSM. Disponível em:< https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12590/TCCE_EEAPP_EaD_2017_SANTOS_A_NA.pdf?sequence=1>. Acesso em 27 de Out. 2021.

TILLMANN, Carlos Antônio da Costa. (2013). **Motores de Combustão Interna e Seus Sistemas**. Pelotas-RS. Disponível em:< https://conaenge.com.br/wp-content/uploads/2018/05/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas-2013.pdf>. Acesso em 02 de Nov. 2021.

VONBUN, Christian. (2015). **Impactos Ambientais e Econômicos dos Veículos Elétricos e Híbridos Plug-In: uma Revisão da Literatura**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rio de Janeiro.

ABSTRACT

The study intends to demonstrate the comparison between energy efficiency between electric vehicles and those powered by fossil combustion, aided by the authors Faller and Junior (2019). There are also aspects that correspond to the environmental and financial impacts that both produce, in order to seek the best rational use of energy. The study extends the advantages and disadvantages of replacing combustion cars and the challenges yet to be faced in the country for the implementation of electric vehicles, based on the authors Castro and Consoni (2020). An economic feasibility analysis is carried out that shows the current feasibility of replacing conventional vehicles with electric models as a consequence of the high cost of purchasing electric vehicles. Regarding the environmental issue, car users may

Comparações Entre A Eficiência Energética De Carro Elétrico E De Carro À Combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros

face instability, with regard to the environmental impacts caused by transportation. In this way, this study can contribute to mitigate some problems, as transportation is a relevant sector in terms of final energy consumption. The adoption of vehicular energy efficiency policies is essential to reduce energy consumption and greenhouse gas emissions.

Keywords: Electric vehicles; Combustion vehicles; Energy efficienc