

VIABILIDADE DA SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES A COMBUSTÃO PARA MOTORES ELÉTRICOS EM CARROS COM MAIS DE 10 ANOS DE USO

Álvaro Lourencini Procópio¹, Vinícius Barrere Bortolini¹; Judson Barcelos Gonçalves²;

Joseete Pertel³

¹Acadêmicos de Engenharia Mecânica - Multivix São Mateus/ES

²Mestrando/Engenheiro Mecânico/ Docente - Multivix - São Mateus/ES

³Doutora/Docente - Multivix São Mateus/ES

RESUMO

O presente artigo destaca o aumento dos custos de manutenção e consumo de combustível a medida em que veículos automotores envelhecem, trazendo a luz uma solução para carros com mais de dez anos de uso que é abordada com ênfase em benefícios técnicos e financeiros, além disso aborda os tipos de motores elétricos e enfatiza a importância de informar aos proprietários de carros antigos sobre opções disponíveis e benefícios da transição para motores elétricos. Chegamos à conclusão de que a adoção de motores elétricos em vez de motores a combustão pode resultar em uma economia significativa de até 80% em cada 10 mil quilômetros rodados. A viabilidade financeira da conversão só se mostra após a diluição dos custos de implementação iniciais, também identificamos empecimentos legais, financeiros e tecnológicos que podem afetar a transição de motores a combustão de veículos mais antigos para novos modelos elétricos.

Palavras-chave: motores; transição; consumo.

ABSTRACT

This article highlights the increase in maintenance costs and fuel consumption as motor vehicles age, shedding light on a solution for cars over ten years old that is addressed with an emphasis on technical and financial benefits. Furthermore, it discusses the types of electric motors and emphasizes the importance of informing owners of older cars about available options and the benefits of transitioning to electric motors. We conclude that adopting electric motors instead of combustion engines can result in significant savings of up to 80% per 10,000 kilometers driven. The financial viability of the conversion only becomes apparent after diluting the initial implementation costs. We also identified legal, financial, and technological obstacles

that can affect the transition from combustion engines in older vehicles to new electric models.

Keywords: Motors, Transition, Consumption.

1 INTRODUÇÃO

Os custos de manutenção e consumo de combustível de veículos tendem a aumentar à medida que eles envelhecem. As peças desgastadas e a eficiência decrescente dos motores a combustão podem fazer com que os proprietários enfrentem muitos problemas. A questão de substituir motores a combustão por motores elétricos em carros com mais de dez anos de uso surge nesse contexto.

Buscando iluminar essa discussão abordaremos os benefícios, vantagens técnicas e financeiras da transição para veículos elétricos, que têm uma longa história de uso. Somado a isso, examinaremos os benefícios e desvantagens potenciais da troca neste contexto, bem como os obstáculos que podem surgir. Abordaremos também os empecilhos que os proprietários de carros mais antigos podem encontrar.

Para começar esta análise, falaremos sobre as vantagens dos motores elétricos em relação aos motores a combustão a luz de dois aspectos: manutenção e eficiência. Em seguida, a viabilidade financeira e os métodos úteis para implementar essa mudança. À medida que avançamos neste estudo, fica mais evidente a importância de avaliar minuciosamente a substituição de motores a combustão em veículos com mais de dez anos de uso.

A compreensão dos vários tipos de motores elétricos disponíveis é essencial quando se trata de trocar motores a combustão por motores elétricos, o design, a aplicação e a eficiência dos motores elétricos variam (Santos, 2020).

Alguns dos tipos de motores elétricos mais comuns incluem (ABECOM, 2022):

- Motor de Corrente Contínua (CC): Os veículos elétricos e híbridos usam este tipo de motor. Os motores de corrente contínua são úteis para uma variedade de aplicações e oferecem controle preciso da velocidade ().

- Motor de Corrente Alternada (CA): Os motores de corrente alternada são frequentemente usados em veículos elétricos devido à sua simplicidade e eficiência. Eles podem ser síncronos ou de indução, cada um com seus próprios atributos.

Motores de ímãs permanentes: Esses motores são conhecidos por sua eficiência e resposta rápida, pois criam um campo magnético com ímãs permanentes (Cravo, 2023).

Motor de Indução Trifásico: Esses motores são comuns em veículos elétricos e são conhecidos por serem confiáveis e não precisarem de muita manutenção (Cravo, 2023).

Para considerar a transição para motores elétricos, é crucial que os proprietários de veículos antigos estejam bem informados sobre as opções disponíveis, os custos envolvidos e os benefícios que podem ser obtidos.

Carros com mais de uma década de uso por vezes enfrentam uma variedade de problemas relacionados à manutenção do motor a combustão tais como: desgaste natural de peças e componentes, falhas por mal uso e o consumo aumentado de combustível. Essas questões afetam o desempenho do motor e também colocam os proprietários em um gravame financeiro, pois muitas vezes é necessário gastar muito dinheiro em reparos e manutenção (Santos, 2020).

Como resultado, os motores elétricos se tornam uma opção atraente e sustentável. Eles reduzem o impacto ambiental, a manutenção mais simples e os custos operacionais. (SEBRAE, 2023). Além disso, os motores elétricos têm demonstrado ser uma opção viável para os veículos mais antigos, que enfrentam a depreciação e a obsolescência crescentes. (Alves, 2019).

O foco desta pesquisa são os veículos de passeio com mais de dez anos de uso no Brasil. A avaliação considerou os fatores quilometragem, condições gerais do veículo, opções de conversão para motores elétricos e despesas associadas à transição, sanando os questionamentos quanto aos custos por quilometro rodado e como se compara aos custos de manutenção e consumo de combustível ao longo do tempo.

Somado a isso um levantamento anual dos custos associados levando em consideração o desgaste com o objetivo de diluir do custo de conversão para elétrico nos gastos já presentes nos motores Ciclo Otto ou Diesel dos carros populares, examinando obstáculos legais, financeiros e tecnológicos que podem afetar a conversão de veículos com mais de 10 anos de uso.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MOTORES ELÉTRICOS: DESMISTIFICANDO OS “PRECONCEITOS”

Os carros elétricos estão causando grandes debates no mundo automobilístico. Espera-se que esses veículos sem ruídos, sem poluição e de alto desempenho tornem os motores internos a combustão obsoleto até 2025 (DE SOUZA, 2009). Nesse artigo, teremos como base os motores elétricos dos carros tesla para melhor compreensão sobre eles.

Um motor elétrico é um dispositivo que converte eletricidade para energia mecânica. A maioria dos motores elétricos opera por meio da interação entre o campo magnético do motor e a corrente elétrica em um enrolamento de fio. Essa interação gera uma força (conforme a Lei de Faraday) na forma de torque que é aplicada ao eixo do motor (Franchi, 2018).

Motor elétrico pode ser abastecido por meio de corrente contínua (CC), como por exemplo, baterias ou retificadores, ou por corrente alternada (CA), como por exemplo, os inversores, geradores elétricos e rede elétrica (Silva, 2016).

Os motores são a razão pela qual se observa muitas das tecnologias que são utilizadas no século XXI. Os mesmos elétricos são encontrados em carros, trens, ferramentas elétricas, ventiladores, ar-condicionado, eletrodomésticos, unidades de disco e muito mais. Alguns relógios elétricos usam até motores pequenos (ABECOM, 2022).

Existem diferentes tipos de motores que foram desenvolvidos para diferentes finalidades. O princípio básico subjacente ao funcionamento de um motor elétrico é a Lei da indução de Faraday. Ou seja, que uma força é criada quando uma corrente alternada interage com um campo magnético variável (Agostinho, 2018).

Desde a invenção dos motores, muitos avanços ocorreram nessa área da engenharia, que se tornou um assunto de extrema importância para os engenheiros modernos.

Os motores elétricos podem ser divididos em três tipos, os motores DC (corrente contínua), motores AC (corrente alternada) e motores de uso geral, sabendo que para cada tipo é subdividido em outras categorias, sendo eles motores síncronos ou motores assíncronos (ABECOM, 2022).

Ao mencionar motores de correntes alternadas muitos associam a vários tipos de motores como em tornos, fresas, esteiras rolantes, escadas rolantes e etc. Há

uma diversificação desses motores (CA), sendo eles monofásicos ou trifásicos. (Silva, 2016).

Motores de corrente alternada, ou seja, os motores elétricos monofásicos são os de uso mais comuns em aplicações comerciais. Eles utilizam dois condutores de entrada de energia elétrica, que podem receber tensões de 127 a 220 volts. No entanto, esse modelo de propulsor tem algumas particularidades. Se um corpo, objeto, ou um rotor de motor, estiver parado, ele vai continuar parado até que uma força externa, maior que a força de resistência que o mantém parado, atue sobre ele e altere esse estado de inércia (ABECOM, 2022).

Um corpo, objeto ou rotor de um motor só parará o movimento quando uma força contrária, maior do que a força que o mantém em movimento, frear seu movimento, o que ocorre é o equilíbrio mecânico de forças. Tudo isso está de acordo com as leis de Isaac Newton. Os motores monofásicos recebem a força gerada pelo campo magnético das bobinas do estator quando o rotor está em estado de inércia (parado). (ABECOM, 2022).

Em termos eletromagnéticos, não se cria diferença de potencial (defasagem), no caso entre o rotor e o estator. Assim, para que essa condição inicial seja vencida, de modo geral utiliza-se nos motores monofásicos um componente chamado de capacitor. Mas existem outras formas de iniciar o movimento (ABECOM, 2022).

Para fácil entendimento, o capacitor é uma força extra, onde levará o motor a girar inicialmente até chega no ponto de trabalho. Esse modelo de propulsor tem apenas um conjunto de bobinas (ABECOM, 2022).

Temos também os motores elétricos de corrente alternada, que são chamados de trifásicos ou monofásicos, sendo os mesmos de aplicação industrial que possui quatro condutores por onde entram a energia, recebendo tensões entre 220/380 e 380/660 volts. Vale ressaltar que esse propulsor possui três conjuntos de bobinas, o que contribuiu substancialmente para a qualidade e execução do motor (ABECOM, 2022).

Em suma, considerando todas as ponderações feitas, é possível afirmar que os carros elétricos são muito mais seguros que os carros de combustão interna, onde o custo de manutenção é muito menor que o carro de motor a combustão. Com as desvantagens do carro elétrico diminuídas, e com o advento da tecnologia aprimorada, os carros elétricos prometem se tornarem os carros do futuro.

2.2 O FUTURO DOS AUTOMÓVEIS

No mundo moderno, é importante levar em consideração as questões de tecnologia e informações porque as mudanças que a sociedade está enfrentando são acompanhadas por desenvolvimento no setor tecnológico. A qualidade e segurança vem em primeiro lugar, juntamente com outros conceitos e elementos relacionados, principalmente em relação aos problemas ambientais. É inegável que o avanço tecnológico e as inovações desse segmento modificaram comportamentos, dando mais liberdade de escolha e dinamismo de mercado, entretanto, a de se pontuar que essa liberdade não pode ser vista como algo absoluto, uma vez que a sociedade segue os padrões impostos pelo sistema econômico, limitando em muitos casos o querer das pessoas que esbarram nos entraves políticos e financeiros (UNIFG, 2022).

Existem muitos obstáculos que precisam ser superados antes que os carros elétricos sejam amplamente adotados. Uma grande barreira para os consumidores é que estes tendem a resistir a novas tecnologias que são pouco conhecidas. Valem notar que como barreiras comuns à adoção de qualquer nova tecnologia tem a falta de conhecimento por potenciais adotantes, altos custos iniciais e baixa tolerância ao risco. Tendências históricas sugerem que novas tecnologias sejam atraentes apenas para um pequeno grupo de consumidores que costumam ser pioneiros na adoção de tecnologias. Estes têm atitudes positivas em relação à novidade e provavelmente as adotarão. Por outro lado, os demais indivíduos ficam desconfortáveis com as mudanças tecnológicas e a incerteza, e, portanto, hesitam em aceitar inovações (UNIFG, 2022).

Não há como viver alheio a velocidade com que a sociedade tem progredido, sabendo que as transformações vieram para ficar, e tendem a fazer das mudanças tecnológicas uma realidade mais ampla e mais atuante em todos os setores da sociedade (UNIFG, 2022).

Projetar o futuro é considerar que carros elétricos não são mais utopia, e sim algo concreto, e mecanismo que impacta diretamente na forma com os sujeitos enxergam o meio e, sobretudo, modificam a forma com as empresas e companhias petrolíferas pensam o assunto.

O mercado global de carros elétricos está a todo vapor, mas mesmo se tratando de mercado internacional eles ainda são considerados carros caros, apesar de não terem altos custos com manutenção e não ter gastos com combustível, além do custo de energia elétrica ser menor e favorecer ainda mais a adesão nos mercados mais desenvolvidos, onde os carros elétricos estão presentes em cada esquina. No Brasil a venda e a procura por carros elétricos ainda se encontra em fase inicial com poucos números de carros desse modelo vendido por ano, apesar de que nos últimos

meses e anos anteriores temos visto muitos lançamentos de carros elétricos e híbridos no Brasil (UNIFG, 2022).

As companhias de petróleo estão revisando suas previsões de mercado e percebendo que os carros elétricos são um futuro quase inevitável. Um estudo da Bloomberg New Energy Finance descobriu que a OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) aumentou sua previsão de vendas de carros elétricos em cinco vezes até 2040 – de 46 milhões para 266 milhões de unidades.

Outras grandes empresas do segmento, como a Exxon Mobil e a BP, também decidiram rever os números levantados no ano passado, e ambas elevaram a previsão de 60 milhões para 100 milhões de veículos. No geral, as indústrias petrolíferas esperam que a chegada dos automóveis elétricos reduza a demanda de petróleo em 8 milhões de barris até 2040, igual à produção atual do Irã e do Iraque juntos.

Isso poderá levar à estagnação da demanda por petróleo nas próximas décadas e a um impacto significativo, seja, nos empregos ou no dinheiro transferida pela indústria cerca de US\$ 700 bilhões por ano.

O número de veículos elétricos na estrada tem consequências importantes para os fabricantes de automóveis, empresas petrolíferas, fornecedores de serviços de energia e outros, explica Colin McKerracher, diretor de análise avançada de transporte da BNEF (Bloomberg, 2017).

Existem grandes diferenças entre a rapidez com que a adoção deve ser e as visualizações mudam rapidamente. Alguns consultores estimam que os veículos elétricos representarão 90% das vendas em 2050, mas a BNEF que é uma organização de pesquisa que ajuda profissionais de energia a gerar oportunidades, acredita que a transição do combustível para a eletricidade não acontecerá até 2040, quando chegarão 530 milhões de novos veículos elétricos um terço da frota mundial.

2.3 VIABILIDADE DOS MOTORES ELÉTRICOS

Para implementar esta tecnologia no país é necessário a redução tributária, a criação de planos de incentivos e subsídios às montadoras de veículo, políticas públicas de incentivos a inserção da modalidade, além de investimento em infraestrutura.

Os veículos elétricos no Brasil ainda são pouco populares, pois os carros movidos a eletricidade são de base de energia renovável e não emitem gases poluentes. A poluição promovida pelos automóveis movidos a combustíveis fósseis, é um dos temas que tem gerado preocupações no mundo, e como resultado disso alguns países tem se empenhado a

desenvolver melhorias na qualidade de vida da população adotando o veículo elétrico (Martins, 2021, p.9).

É possível a transformação de um veículo a combustão em um veículo elétrico, mas primeiro é preciso levar em consideração algumas coisas; espaço de armazenamento da bateria, peso, chassi, transmissão e tipo de veículo. Você também deve se certificar de que realmente deseja usar um veículo elétrico antes de seguir em frente.

A viabilidade econômica do veículo elétrico é relativamente alta, pois ainda que seu valor de compra seja maior, o custo por km rodado é menor do que os veículos a combustão, perdendo somente em relação a autonomia. No que diz respeito a infraestrutura para abastecimento dos carros elétricos, é necessário na adaptação das cidades, com a locação de ponto de recarga dos veículos elétricos (Martins, 2021, p.9).

Os melhores veículos para converter devem ter espaço de armazenamento adequado para as baterias, especialmente sob os assentos ou no porta-malas. Também se faz necessário estimar quantas baterias precisará antes de começar. Obviamente, deve evitar manter suas baterias ao ar livre para protegê-las contra possíveis perigos.

O peso do veículo também é um fator importante porque afeta a eficiência energética. Mais sucintamente, um veículo leve não consome tanta energia em comparação com veículos pesados. Sem mencionar que terá um alcance maior com um veículo elétrico leve (Alves, 2019).

Como as baterias adicionam mais peso ao veículo, deve se evitar a conversão de veículos com problemas de chassi. Além disso, deve se evitar também veículos com muita ferrugem ou peças quebradas, embora seja possível facilmente converter um veículo sem motor (Alves, 2019).

Por último, mas não menos importante, os veículos manuais são melhores para converter do que os veículos de transmissão automática. Isso ocorre porque os motores manuais são menos complexos e mais leves do que as transmissões automáticas. Alguns dos veículos a gasolina mais populares para conversão incluem o Celta, Gol, Fusca, Ford F-150, Ford Mustang, Chevrolet Camaro, Nissan Hardbody, Chevrolet Colorado, Chevrolet Corvette e qualquer picape Toyota (Alves, 2019).

Um ponto de suma importância a ser considerado e analisado é a postura das indústrias petrolíferas frente à ascensão dos carros elétricos no mercado, de modo que suas decisões terão reflexo imediato no cenário nacional e internacional.

Na década de 90, um carro chamado EV1 dirigia sem poluição na Califórnia. Denominado “carro do futuro”, usava eletricidade e tinha autonomia de 260 quilômetros. Foi considerado o modelo elétrico mais rápido e eficiente de todos os tempos. Um carro promissor da General Motors tinha compradores em potencial, mas a empresa fabricante queria recolher e destruir todos os veículos, demitir trabalhadores e encerrar o projeto (Rezende, 2009).

Por trás desse setor, é possível identificar o papel da indústria do petróleo e de toda a geopolítica, que mostra a superioridade do motor de combustão interna em termos de autonomia e lucro. Ao mesmo tempo, a morte do EV1 vem de uma época em que a gasolina ficou mais barata devido à descoberta de novas jazidas de petróleo, o que influenciou muito o desenvolvimento e uso de motores que operavam com tecnologias renováveis e limpas (Camelo, 2015).

Também digno de nota é a atenção dada aos protótipos de motores híbridos, ou motores movidos a células de hidrogênio, ganhando dos fabricantes de automóveis e da política do governo dos EUA em detrimento das baterias elétricas. A lentidão e a disparidade entre a retórica e as metas dos governos estadual e federal também fomentaram um cenário em que as montadoras poderiam atuar com diferentes pressões e coalizões para derrubar a lei elaborada pelo governo da Califórnia e argumentar que há demanda por carros elétricos (Camelo, 2015).

Apesar da tecnologia existente, o petróleo era um combustível tão básico no século 20 que era chamado de “ouro negro”. Mesmo após a crise do petróleo (1973-1980), o mundo apostou na gasolina para investir em pesquisa e diversificação de combustíveis. O carro elétrico parecia destinado a filmes de ficção científica ou projetos experimentais, mas essa história tende a mudar.

Com o desenvolvimento generalizado nos países mais desenvolvidos, globalmente, 1% dos veículos vendidos atualmente são elétricos e circulam principalmente na Europa, Estados Unidos, Japão e China. Isto é apenas o começo. As próximas décadas serão de grande crescimento para o setor (Vaz, 2015).

O mercado de petróleo não é mais tão lucrativo quanto costumava ser e espera-se que muitas reservas de petróleo se esgotem. Além disso, o alto preço da gasolina nas bombas desestimula o consumidor a comprar seu próprio carro e gera tumultos sobre o preço das passagens do transporte público (Ross, 2015).

Mas o principal fator dessa mudança repentina é a pressão dos países desenvolvidos para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, que causam o

aquecimento global e o aumento da temperatura média do planeta. Os motores movidos a combustíveis fósseis são responsáveis por um quinto das emissões mundiais de dióxido de carbono (Albuquerque, 2007).

Além disso, a fumaça emitida pelos gases de escape dos veículos tradicionais é a principal fonte de poluição do ar nas cidades e causa sérios problemas de saúde para a população. Por exemplo, na cidade de São Paulo, há três vezes mais partículas poluentes no ar do que o limite considerado seguro pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Os carros elétricos têm emissões diretas zero ou muito baixas. Além de serem ecologicamente corretos, os carros elétricos são mais silenciosos e geram menos ruídos no trânsito. Por não exigir explosões, o motor também não faz barulho (Alves, 2019).

Esses recursos melhorariam a qualidade de vida na cidade. Independentemente do que acontecerá com o clima do planeta nos próximos anos, a assinatura de acordos semelhantes ao Acordo de Paris reduzirá drasticamente as emissões de dióxido de carbono no mundo e caminhará para um cenário com matrizes energéticas mais limpas (Rei, 2017).

A indústria automobilística vem sendo assunto recorrente em conferências mundiais acerca do meio ambiente. Isto ocorre, pois o setor de transportes é responsável por cerca de 25% das emissões de gases do efeito estufa e é a área em que as irradiações de carbono mais crescem desde o ano 2000, em níveis globais. Em 2015 ocorreu a 21ª Conferência das Partes (COP21), em Paris, onde foi assinado um acordo por 195 países, incluindo o Brasil, que se comprometeram a reduzir o nível de emissão de gases do efeito estufa a fim de que o aumento da temperatura média mundial não chegue a mais de 1,5 °C em relação aos níveis pré-industriais até o fim do século, o que ficou conhecido como Acordo de Paris. Em decorrência desse acordo, países europeus anunciaram o fim da comercialização de veículos com motores a combustão interna (VCI) nos próximos vinte anos e o investimento para incentivo à produção em larga escala de veículos com motorização híbrida ou elétrica. O Brasil, por sua vez, se propôs a reduzir a emissão de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005, até 2025, e 43% abaixo dos níveis de 2005, até 2030. Para que isso ocorra, o país vai aumentar a participação da bioenergia sustentável em 17% e chegar a uma porção estimada de 45% de energias renováveis em sua matriz energética, no ano de 2030, além de reflorestar uma área de 12 milhões de hectares (UNIFG, 2022).

Governos de vários países já oferecem incentivos para promover a produção e uso de carros elétricos, como incentivos fiscais e leis especiais. Além disso, são feitos investimentos em infraestrutura, como a implantação de postos públicos de recarga de energia elétrica.

3 METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA

O presente estudo tem a perspectiva de verificar, analisar e refletir, através da pesquisa bibliográfica, a relação dos motores elétricos e sua aplicação em veículos convencionais. Essas fontes incluem livros, artigos científicos, revistas e recursos online.

Como resultado, foi realizada uma seleção de materiais para o estudo com base em fatores como relevância, autoridade do autor e data de publicação.

Além do exposto, uma revisão abrangente da literatura que examina os principais conceitos e teorias relacionados a motores elétricos e suas aplicações em veículos tradicionais. Isso envolveu a leitura atenta dos textos e a coleta de informações relevantes, bem como o incentivo à produção e aquisição em larga escala, ponderando a relação dos motores elétricos com a questão ambiental e os benefícios a toda sociedade.

Com base nesses dados, foi realizada uma análise dos vários métodos e tecnologias de aproveitamento de motores elétricos, bem como métodos de conversão de carros já existentes no mercado e empresas que realizam o feito em carros convencionais, enfatizando suas características, custos e eficiência.

Foi sintetizado o material coletado e destacado as tendências e conclusões mais importantes relacionadas à instalação de motores elétricos em carros convencionais com mais de dez anos de uso. Discutiu-se também os benefícios, problemas e possibilidades da adoção de motores elétricos ao analisar as descobertas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de conversão não é uma tarefa simples, depende de um bom plano e conhecimentos técnicos, contudo abordamos um passo a passo simples de como elaborar o projeto para determinado carro e por consequente avaliar os custos envolvidos. Analisamos os custos de montar um motor elétrico em um carro popular e com mais de dez anos de uso com parâmetros médios de potência e torque para a pesquisa se expandir em diferentes modelos.

Analisando o mercado nacional de carros populares levantamos valores médios de potência e torque presentes nos carros que satisfazem o consumidor

brasileiro perante a demanda nacional, esses valores são respectivamente 70 cavalos-vapor de potência e 10 Kgfm de torque. Tendo em vista esses parâmetros abrangemos a pesquisa e montamos um passo a passo de como realizar a conversão.

4.1 MOTOR ELÉTRICO E INVERSOR (POWERTRAIN)

Com a pesquisa bibliográfica relacionada anteriormente foi constatado a necessidade de um motor elétrico de indução trifásico de aproximadamente 45kW de pico e 10 Kgfm de torque para gerar a potência equivalente aos parâmetros da pesquisa, em conversão direta precisaríamos de um motor de 50 kW contudo em motores elétricos temos um aproveitamento de até 97% de energia se comparado a um motor convencional, isso justifica o motor com potência inferior ter o mesmo aproveitamento.

O inversor é aquele que converte a corrente contínua da bateria para a corrente alternada necessária para girar o motor trifásico o mesmo deve atender os parâmetros do motor elétrico e das baterias escolhidas.

Para referente estudo foi utilizado o powertrain da WEG que é uma empresa global de equipamentos eletrônicos e atua no Brasil com soluções para sistemas elétricos. O Motor elétrico presente nos catálogos da empresa, que é facilmente encontrado em seu site e que atende os nossos requisitos foi um WTE500 que se trata de um motor elétrico de indução com potência de pico 43.4 kW e torque máximo de 14.2 kgfm, somado a isso incluímos o Inversor CVW500 também presente nos catálogos WEG que supre a demanda dos parâmetros do motor de tensão nominal de bateria e possui tecnologias como frenagem regenerativa para maior autonomia do nosso projeto.

4.2 SELEÇÃO E PREPARAÇÃO DAS BATERIAS

Para selecionarmos as baterias foram feitos cálculos de capacidade e voltagem, concluímos que o material das baterias será o Lítio e os parâmetros para o motor e inversor funcionar serão 110 volts de tensão nominal e tensão máxima de 130 volts, o conjunto de baterias também precisa fornecer 275 Amperes de forma contínua e 550 Amperes por até 2 minutos para garantir máxima performance do conjunto, além de ser capaz de possuir autonomia de 8 horas.

Uma das empresas que vende essa solução e que foi escolhida para esse artigo é a Faraday Electric Move que com os parâmetros necessários consegue fabricar o banco de baterias.

4.3 GERENCIAMENTO DE ENERGIA

Nos carros com motores a combustão o gerenciamento de combustível mais usual se dá por meio da injeção eletrônica que é controlada pela Electronic Control Unit (ECU), se trata de um computador que recebe dados do veículo por sensores e controla a injeção do motor, no sistema elétrico faz se necessário um sistema semelhante o Vehicle Control Unit (VCU) que faz basicamente o mesmo da ECU contudo com parâmetros do carro elétrico, gerenciando a bateria, a demanda de energia do motor, demanda de potência e torque em tempo real, também controla os demais sensores do carro.

Esse requisito foi solucionado por meio da empresa FuelTech que é uma fabricante de injeção eletrônica brasileira e possui soluções na área elétrica com as injeções programáveis FT450, FT550 e FT600 que estão presentes nos catálogos da empresa em seu site oficial, como nosso projeto busca uma maneira eficiente e mais viável ao consumidor final foi considerado usar a FT450 pois a mesma supre toda demanda e possui custo-benefício melhor se comparado as similares.

4.4 REMOÇÃO DO MOTOR A COMBUSTÃO E INSTALAÇÃO DO MOTOR ELÉTRICO

Nesse passo faz-se necessário a remoção do motor a combustão e do sistema de alimentação relacionado como tanque de combustível entre outros, somado a isso a limpeza e preparação do compartimento do motor.

Para instalar o conjunto são necessárias algumas adaptações: coxim de segurança e caixas protetoras das baterias. Os custos envolvidos nessa parte de instalação são muito variáveis de acordo o modelo do carro contudo levamos em consideração um valor médio de fabricação e mão de obra.

4.5 MECÂNICA

Tendo em vista as variações dos câmbios de veículos faz-se necessário o desenvolvimento de um flange e um acoplamento do eixo para conectar o motor elétrico ao mesmo, além de adquirir sistemas de bomba de refrigeração para o resfriamento do motor e banco de baterias, o radiador e ventoinhas podem ser as mesmas do carro visto que a demanda não é necessariamente alta, contudo, necessita-se o estudo de acordo o modelo do veículo.

Quanto ao ar-condicionado é necessário um compressor elétrico pois o mecânico que geralmente é equipado em carros com mais de 10 anos de uso necessita estar acoplado ao motor e em rotação constante, o que não ocorre no motor elétrico pois este permanece desligado quando não há utilização do powertrain.

Também foi necessário considerar um sistema de bomba de vácuo para o sistema de frenagem do veículo bem como um assistente para direção mecânica pois a hidráulica que geralmente equipa esses modelos de carros não pode mais ser usada, pelo mesmo motivo anteriormente citado.

Vale ressaltar que existem características que se anulam para os cálculos de peso/potência, exemplo: reduzimos o peso do motor em $\frac{1}{4}$ pois o escolhido para estudo tem apenas 52kg, o peso das baterias que, embora seja maior que o tanque de combustível cheio não extrapola o diferencial da redução de peso do motor.

4.6 ELÉTRICA ADICIONAL

Para a instalação também foi necessário cotar os carregadores e chicotes para a devida interligação do conjunto, essas soluções também são fornecidas pela empresa Fueltech.

Os componentes são o Carregador de bordo (OBC), conversor DC-DC para a bateria original do veículo, conector tipo 2 (padrão brasileiro), chicote para injeção, diversos relés e sensores de velocidade.

4.7 SEGURANÇA E REGULAMENTAÇÃO

Um veículo convertido precisa de alterações em sua documentação, necessita-se de regulamentar em uma agência do DETRAN antes de poder trafegar legalmente em vias públicas. Como resultado, a oficina que executou o serviço deve

possuir um CCT (Certificado de Capacitação Técnica) e o veículo um CAT (Certificado de Adequação à Legislação de Trânsito). Esses certificados são necessários para homologar a conversão do veículo (marca, modelo e versão) e garantir os padrões de segurança, seguindo os mesmos procedimentos para qualquer solicitação de alteração veicular.

4.8 CUSTOS DE MANUTENÇÃO EM CARROS COM MOTORES A COMBUSTÃO A CADA 10 MIL KM

Foi realizado o levantamento de custos sobre manutenção e combustível que não teremos nos motores elétricos. É importante ressaltar que custos com pastilha de freio e disco de freio, bem como pneus e seguro não entram na discussão pois estes estão presentes no carro após a conversão.

Tabela 1 – Custos a cada 10 mil km (gasolina)

Sedan médio	Km da troca / reparo	Preço médio	A cada 10mil km
Óleo 3 unidades	5000	R\$ 180,00	R\$ 360
Filtro de óleo	10000	R\$ 50,00	R\$ 50
Escapamento + peças	30000	R\$ 400,00	R\$ 135
Filtro de gasolina	20000	R\$ 50,00	R\$ 25
Filtro de ar	10000	R\$ 12,00	R\$ 12
Bomba de Comb. + Alternador + Radiador + Correias.	50000	R\$ 2.000,00	R\$ 400
Recondicionador do motor	130000	R\$ 5.000,00	R\$ 380
Gasolina	10km/l	R\$ 6,80	R\$ 6800
Revisão	10000	R\$ 590,00	R\$ 690
Total			R\$ 8852

Fonte: Próprios autores, 2023.

A Tabela 1 mostra os custos a cada ciclo de revisão de 10 mil quilômetros rodados, porém é válido ressaltar que os custos de manutenção são aumentados quanto mais depreciado são os componentes dos motores, é de fato comum que um carro com mais de 10 anos de uso apresenta maior número de chances de quebra que um carro mais novo, esse é um dos pontos que contam na consideração da viabilidade.

4.9 CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO CONJUNTO ELÉTRICO E GASTOS A CADA 10 MIL KM

Representado nas Tabelas 2 e 3 estão os custos médios de implementação e de rodagem a cada 10 mil quilômetros do conjunto elétrico, é de se pensar do porquê não foi levado em conta custos com eventuais manutenções no sistema. Porém, isso se dá ao fato de que as manutenções com sistema de arrefecimento que é o componente que pode vir a falhar com maior frequência e presente no motor a combustão não ter sido considerados na Tabela 1, os custos dos mesmos embora pouco diferentes se anulam.

Tabela 2 – Custos de implementação (elétrico)

Custos Implementação	Km da troca / reparo
Powertrain	R\$ 41.990
Baterias	R\$ 18.000
VCU	R\$ 3.440
Mecânica + Mão de obra	R\$ 6.000
Regulamentação	R\$ 500
Elétrica Adicional	R\$ 4.600
Total	R\$ 74.530

Fonte: Próprios autores, 2023.

Tabela 3 – Custos a cada 10 mil km (elétrico)

Custos a cada 10mil km	Preço médio por KM	A cada 10mil km
Energia	R\$ 0.12	R\$ 1200
Baterias (1000 ciclos) até serem trocadas	R\$ 0.06	R\$ 600
Total		R\$ 1800

Fonte: Próprios autores, 2023.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado os devidos cálculos podemos concluir que o custo de substituição dos motores a combustão para motores elétricos traz uma economia de 80% a cada 10 mil quilômetros rodados (R\$ 7.052,00).

Contudo devido ao alto custo de implementação em veículos populares a viabilidade só se apresenta depois da diluição dos preços de implementação, conseguimos esse resultado dividindo o valor da economia a cada 10 mil quilômetros pelo valor da implementação, fazendo isso encontramos a economia a partir do décimo ciclo de 10 mil km, ou seja, a viabilidade se aplica a partir dos 100 mil quilômetros rodados.

REFERÊNCIAS

ABECOM. **Você conhece quais os principais tipos de motores elétricos?** 2022. Disponível em: <https://www.abecom.com.br/tipos-de-motor-eletrico/>. Acesso em: 4 jun. 2023.

ALVES, Ricardo Ribeiro. **Sustentabilidade empresarial e mercado verde: a transformação do mundo em que vivemos.** Editora Vozes Limitada, 2019.

AGOSTINHO, Luís Carlos Morujo. **Emulação de um motor de combustão interna através de um acionamento eletromecânico de velocidade variável utilizando um motor de indução trifásico.** Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2014.

BLOOMBERG. **Grandes petroleiras percebem ameaça de veículos elétricos.** 2017. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/bloomberg/2017/07/14/grandes-petroleiras-percebem-ameaca-de-veiculos-eletricos.htm?cmpid=copiaecola>. Acesso em: 5 jun. 2023.

CAMELO, Ana Paula; de ARAÚJO, Daniela Camila; DOS SANTOS, Jean Carlos Ferreira. **O fantasma do carro elétrico.** 2015.

CRAVO, Edilson. **Tipos de Motores Elétricos: quais são eles e onde aplicá-los?**. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/tipos-motores-eletricos/>. Acesso em: 13 out. 2023.

DE ALBUQUERQUE, Bruno Pinto. **As relações entre o homem e a natureza e a crise socioambiental.** Rio de Janeiro, RJ. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), 2007.

DE SOUZA, Carlos Leite; DI CM AWAD, Juliana. **Cidades Sustentáveis: Desenvolvimento Sustentável num Planeta Urbano.** Bookman Editora, 2009.

EKKO GREEN. **Kit De Conversão Para Carros Elétricos. Como Funciona e Quanto Custa**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://ekkgreen.com.br/kit-de-conversao-para-carros-eletricos/>. Acesso em: 1 nov. 2023.

FARADDY. **Baterias para motores eletricos.** 19 de fevereiro de 1998. Disponível em: <https://faraday.com.br/#>. Acesso em: 28 out. 2023.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos elétricos.** Saraiva Educação SA, 2018.

FUELTECH. **ECU para carros elétricos.** Disponível em: <https://fueltech.com.br/>. Acesso em: 28 out. 2023.

GUERRA, Guilherme. **WEG quer converter carros brasileiros a combustão em elétricos**. Estadão, [s. l.], 29 set. 2019. Disponível em: <https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/weg-fueltech-carro-eletrico-combustao/>. Acesso em: 4 out. 2023.

SANTOS, Max Mauro Dias. **Veículos elétricos e Híbridos: Fundamentos, Características e Aplicações**. [S. l.: s. n.], março 2020. ISBN 8536532815.

SEBRAE. **Carros elétricos: desafios e oportunidades no Brasil**. Inovação, [s. l.], 23 maio 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/carros-eletricos-desafios-e-oportunidades-no-brasil,6d088e029bf28810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 31 out. 2023.

SILVA, Gabriel Avellar. **Viabilidade de instalações elétricas residências e comerciais em corrente contínua**. 2016.

MARTINS, Breno M. **Motor brushless na conversão de veículos à combustão em elétricos**. 2021. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2871/1/MOTOR_BRUSHLESS_NA_CONVERS%C3%83O_DE_VE%C3%8DCULOS_Trabalho_Final_de_Curso_II_Aluno_Bre_nno_Mendes_Martins.pdf. Acesso em: 22 maio 2023.

PETRUZELLA, Frank D. et al. **Motores Elétricos e Acionamentos**. [S. l.: s. n.], 2013. ISBN 8580552575.

REI, Fernando Cardozo Fernandes; GONÇALVES, Alcindo Fernandes; DE SOUZA, Luciano Pereira. Acordo de Paris: Reflexões e desafios para o regime internacional de mudanças climáticas. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 29, p. 81-99, 2017.

REZENDE, R. S. **Sucesso e fracasso organizacional: um estudo de caso da General Motors**. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Administração)±Instituto COPPEAD de Administração±COPPEAD, Universidade Federal do Rio de Janeiro±UFRJ, Rio de Janeiro.

ROSS, Michael L. **A maldição do petróleo**. BOD GmbH DE, 2015.

UNIFG. **Motores a combustão: alternativas e desafios**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/22758/1/Motores%20a%20combust%C3%A3o-%20alternativas%20e%20desafios.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2023.

VAZ, Luiz Felipe Hupsel; BARROS, Daniel Chiari; CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de. **Veículos híbridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento**. 2015.

WEG. **WEG fornece Powertrain e baterias para nova frota de ônibus elétricos**. 2023. Disponível em: <https://www.weg.net/nstitucional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/weg-fornece-powertrain-e-baterias-para-nova-frota-de-onibus-eletricos-da-transcol>. Acesso em: 28 out. 2023.