CARROS ELÉTRICOS NO BRASIL: DESAFIOS E EXPECTATIVAS NA ENGENHARIA ELÉTRICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5291

Autores: *RAÉRICA SANTOS DOS SANTOS, CAROLINE DOS SANTOS DE JESUS, DIORGE DE SOUZA LIMA, YONATHA MARQUES DE ALBUQUERQUE MELO*

Resumo: *Os veículos elétricos têm uma história que remonta ao século XIX, quando os primeiros protótipos começaram a ser desenvolvidos. Desde então, esses veículos têm sido objeto de estudo contínuo, especialmente no que diz respeito à sua eficiência e autonomia. No entanto, foi apenas nas últimas décadas que os veículos elétricos começaram a ganhar destaque significativo, impulsionados por uma série de fatores importantes. Entre eles, destacam-se a crescente preocupação com mudanças climáticas estufa impulsionam a transição energética e o uso do carro elétrico. A busca por soluções mais sustentáveis e energeticamente eficientes tornou os veículos elétricos uma alternativa atraente. Além disso, avanços tecnológicos significativos, como baterias de íon-lítio mais eficientes e sistemas de recarga mais rápidos, têm contribuído para tornar os veículos elétricos uma opção cada vez mais viável para o transporte pessoal e comercial. Hoje, o interesse e a adoção de veículos elétricos estão em ascensão, não apenas devido aos benefícios econômicos óbvios, como custos operacionais mais baixos e incentivos fiscais, mas também por causa de seu impacto positivo no meio ambiente. A redução das emissões de gases de efeito estufa e a melhoria da qualidade do ar são apenas alguns dos benefícios ambientais que os veículos elétricos oferecem, contribuindo para um futuro mais limpo e sustentável. Nesse trabalho foi realizo um estudo de caso, sobre a interferência dos VES a longo prazo no Sistema Elétrico de Potência referente ao seu consumo de energia*

Palavras-chave: *Sustentabilidade, veículos elétricos, eficiência energética, redução na emissão, gases poluentes.*

CARROS ELÉTRICOS NO BRASIL: DESAFIOS E EXPECTATIVAS NA ENGENHARIA ELÉTRICA

1 INTRODUÇÃO

O mercado de veículos elétricos (VEs) tem experimentado um crescimento notável tanto no Brasil quanto em todo o mundo. Atualmente, segundo a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), até o primeiro trimestre de 2023 o Brasil contava com uma frota com mais de 152.518 veículos elétricos em circulação. A tendência é claramente ascendente, e as expectativas são que esses valores cresçam de forma exponencial.
Essa expansão é impulsionada por uma série de fatores, incluindo uma maior conscientização sobre os impactos ambientais dos veículos a combustão. Conforme a 24ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 24), 25% das emissões globais de gases de efeito estufa e emissão de carbono são provenientes do setor de transporte (Agência Brasil, 2018). Além disso, os líderes políticos de diversos estados têm implementado incentivos e políticas para promover a adoção de veículos elétricos, o que contribui para o aumento da demanda.

Essa tendência positiva no mercado de VEs é promissora, não apenas para o meio ambiente, devido à redução das emissões de gases de efeito estufa, mas também para a economia, com a criação de empregos na indústria de veículos elétricos e a diminuição da dependência de combustíveis fósseis. Portanto, a perspectiva é que o número de veículos elétricos continue a aumentar significativamente nos próximos anos, contribuindo para um futuro mais sustentável e limpo no setor de transporte.

Conforme Bracarense (2015), o setor de transporte é um dos mais relevantes em emissão de gases de efeito estufa (GEE), e para contribuir para o não aumento da temperatura mundial precisará descarbonizar em cerca de 18% até 2050. Sendo assim, o carro elétrico se mostra um dos principais instrumentos para uma transição energética. Segundo os Cadernos FGV Energia (2017), até 2030 a frota de carros elétricos deve corresponder a 10% do total de veículos leves de passageiros, o que, mediante os números expostos, evidencia que em pouco tempo deve haver um crescimento exponencial desse mercado. Além disso, já se discute em alguns países a possibilidade de eliminar os carros movidos a combustíveis fósseis até essa data.

Conforme Khan et al. (2018), aumentar a utilização de veículos elétricos é um passo na direção certa para reduzir a poluição do ar devido às emissões de carbono. No entanto, o crescimento das estações de carregamento de VEs tem proporcionado problemas na qualidade da energia elétrica. Isso inclui distorções harmônicas que afetam fontes renováveis como energia eólica e solar, além de causar quedas de tensão e desequilíbrios no sistema de distribuição. Os harmônicos gerados pelos VEs também podem danificar os transformadores, aumentando as perdas nos condutores e causando superaquecimento devido ao efeito Joule. Esses problemas reduzem a vida útil dos transformadores e prejudicam a regulação da tensão na rede elétrica.

2 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é analisar a interferência dos veículos elétricos a longo prazo no Sistema Elétrico de Potência, com foco no consumo de energia e na qualidade da energia elétrica. Além disso, este estudo busca explorar a relação entre a expansão dos

veículos elétricos e a formação de engenheiros, destacando as competências necessárias para lidar com os desafios e oportunidades emergentes neste campo.

3 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos, foi realizado um estudo de caso sobre a influência dos veículos elétricos no Sistema Elétrico de Potência. A metodologia inclui a análise de dados de consumo de energia e a avaliação dos impactos na qualidade da energia. Esta metodologia foi projetada para proporcionar uma compreensão abrangente dos impactos e desafios associados ao aumento do uso de VEs, bem como para explorar as implicações para a educação em engenharia, preparando futuros engenheiros para lidar com as mudanças no cenário energético e de transporte.

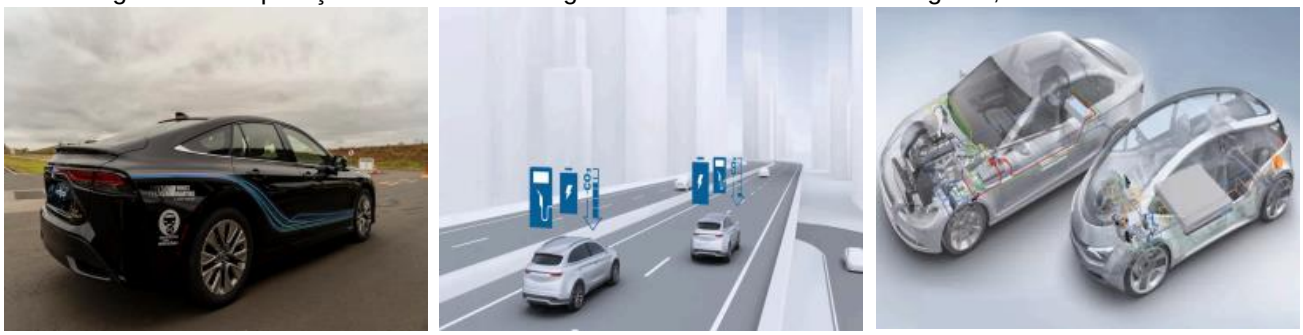
4 OS VEICULOS ELÉTRICOS

A ascensão dos veículos elétricos no mercado contemporâneo tem suscitado uma série de dúvidas na população em relação a essas inovações tecnológicas. Para compreender plenamente esses veículos e sua inserção no cenário automotivo, é fundamental explorar os elementos chave que os compõem, compreender seu funcionamento e examinar os modelos de motores utilizados nessa modalidade de transporte.

O funcionamento dos veículos elétricos se baseia na utilização da energia armazenada nas baterias para alimentar os motores elétricos, gerando torque e propulsão. Os motores desses veículos podem ser classificados de diferentes maneiras, incluindo motores de corrente contínua, motores de corrente alternada e motores de ímã permanente. Cada modelo possui características específicas que influenciam em desempenho, eficiência e aplicação em diversos tipos de veículos, desde automóveis de passeio até veículos pesados.

Quando se refere a veículos elétricos, pode-se associar a tipos de carros com tecnologias diferentes, como mostrado na Figura 1. Os veículos movidos a células de combustível (Figura 1-a) utilizam hidrogênio para gerar eletricidade de forma limpa. Os híbridos (Figura 1-b) combinam motores a combustão interna com motores elétricos, otimizando a eficiência energética. Os VEs puramente elétricos (Figura 1-c) são alimentados exclusivamente por baterias recarregáveis, oferecendo uma solução eficiente e ecológica para a mobilidade urbana.

Figura 1- Comparação visual de tecnologias veiculares: célula de hidrogênio, híbrido e elétrico



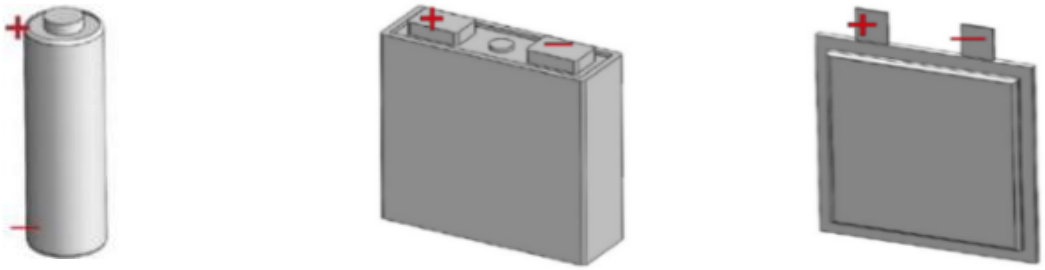
(a) (b) (c)

Fonte: EPBR, 2022; BOSCH, 2024a; BOSCH, 2024b.

No contexto dos veículos elétricos, a bateria desempenha um papel crucial como a fonte primária de energia, alimentando o motor e iniciando o movimento do veículo. Esta mudança fundamental no processo de acionamento proporciona uma condução mais suave, silenciosa e sustentável. À medida que o veículo se desloca, a bateria gradualmente consome energia, tornando essencial o processo de recarga para manter sua autonomia. O procedimento de recarga assemelha-se ao carregamento de um dispositivo celular, bastando conectar o veículo a uma fonte de energia elétrica.

Nesse sentido torna-se relevante destacar que comercialmente existem inúmeras variedades, que dependem de sua estrutura química. Atualmente, as baterias recarregáveis mais comuns utilizadas em veículos elétricos são três: baterias de Chumbo-Ácido, baterias de Hidreto Metálico de Níquel (Ni-MH) e baterias de Íons de Lítio (Li-Ion) (DIVYA et al, 2009). Elas são compostas de células interconectadas que variam em comprimento, largura e altura, bem como formato (bolsa, prismática e cilíndrica, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Demonstração dos vários formatos de células de bateria.



(a) (b) (c)

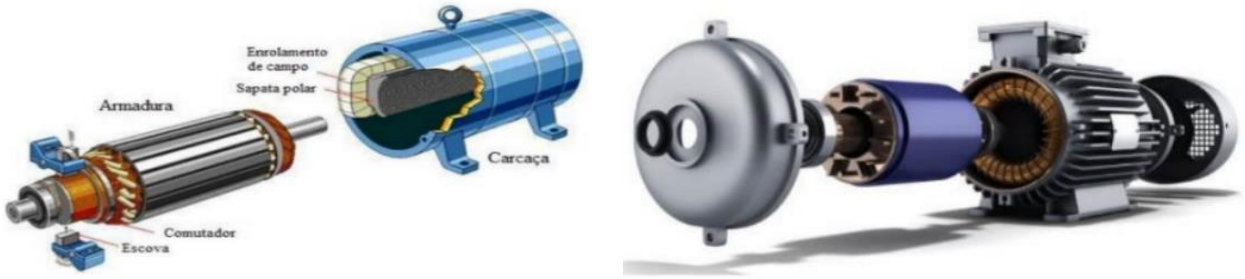
Fonte: DIVYA et al, 2009.

As baterias de chumbo-ácido possuem um baixo custo, são eletroquímicas recarregáveis e são empregadas em ambientes domésticos e industriais. Entretanto, possuem uma densidade de energia específica baixa e um ciclo de vida curto. Com relação às baterias de níquel, há quatro tipos diferentes: níquel-ferro, níquel-cádmio, níquel-hidreto metálico e níquel-zinco.

Além das baterias convencionais, os ultras capacitores (UCs) são uma abordagem promissora para o armazenamento de energia em veículos elétricos. Os UCs possuem alta capacitância e, diferentemente das baterias, acumulam cargas entre duas placas em meios dielétricos ou eletrolíticos. Esses dispositivos apresentam alta potência específica, mas baixa energia específica (Santiciolli, 2014). A capacidade de armazenamento adicional proporcionada pelos ultras capacitores influencia diretamente a potência e a eficiência dos motores elétricos, tornando-os uma escolha cada vez mais popular na indústria automotiva.

O motor elétrico é responsável pela conversão de energia elétrica em mecânica, produzindo torque e potência que são transmitidos às rodas para a movimentação do veículo (Magalhães, 2020). Existem várias tecnologias de motores, cada uma com características distintas. O motor de corrente contínua com escova, por exemplo, é alimentado por corrente contínua e possui um estator fixo composto por ímãs, enquanto o rotor contém uma bobina elétrica. O motor de indução opera com base na Lei de Indução e não requer ímãs permanentes; o campo magnético é gerado pela corrente elétrica nas bobinas do estator. Na Figura 3, são apresentados arranjos de motores de corrente contínua (Figura 3-a) e motor assíncrono de indução (Figura 3-b).

Figura 3 - Demonstração das principais partes que compõem um motor CC e a imagem em explosão de um motor assíncrono de indução.

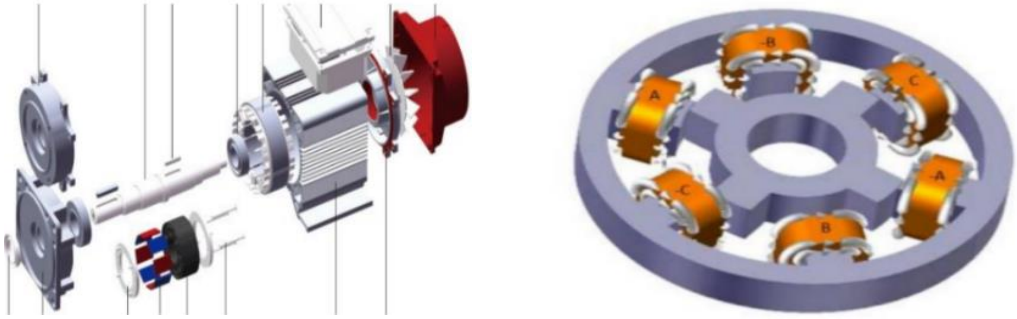


(a) (b)

Fonte: RIBEIRO; PRADO, 2015;

Os motores síncronos têm o rotor girando à mesma velocidade que o campo magnético rotativo do estator, utilizando enrolamentos no estator e ímãs permanentes no rotor para gerar o campo magnético. O motor de relutância variável utiliza uma malha de posição do eixo para sincronizar as correntes de fases com a posição do rotor, proporcionando operação dinâmica. O termo "comutado de relutância" refere-se ao chaveamento das correntes de fases, essencial para seu funcionamento. Na Figura 4, são demonstrados um motor síncrono de ímã permanente (Figura 4-a) e um motor trifásico de relutância comutada (Figura 4-b).

Figura 4 - Demonstração de um motor síncrono de imã permanente e um motor trifásico de relutância comutada.



(a) (b)

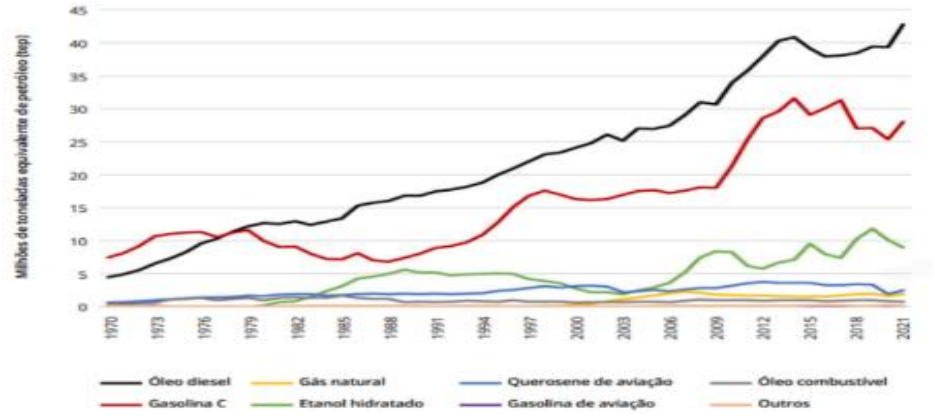
Fonte: XINNUOMOTOR; MELO, 2021, pág. 29.

5 ANÁLISE E COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES TIPOS DE VEÍCULOS

Hodiernamente, busca-se cada vez mais por soluções sustentáveis, e a mobilidade elétrica surge como resposta significativa aos desafios impostos pela dependência dos combustíveis fósseis. Nesse cenário, a eficiência dos veículos elétricos (VE) em relação aos tradicionais automóveis movidos a combustão desempenha um papel crucial, não apenas na redução de emissões de gases poluentes, mas também na otimização do desempenho e na redefinição dos paradigmas da mobilidade.

Considerando o setor de transportes, observa-se um aumento considerável no consumo de fontes primárias de energia para a movimentação de veículos automotores. Conforme apresentado na Figura 5, há um aumento na participação de combustíveis fósseis, como óleo diesel e gasolina comum. Portanto, é fundamental desenvolver e implementar estratégias integradas que aumentem a eficiência energética e reduzam a emissão de gases poluentes, bem como promovam a descarbonização do suprimento de energia. As fontes primárias utilizadas na matriz elétrica estão diretamente relacionadas à geração de gases poluentes.

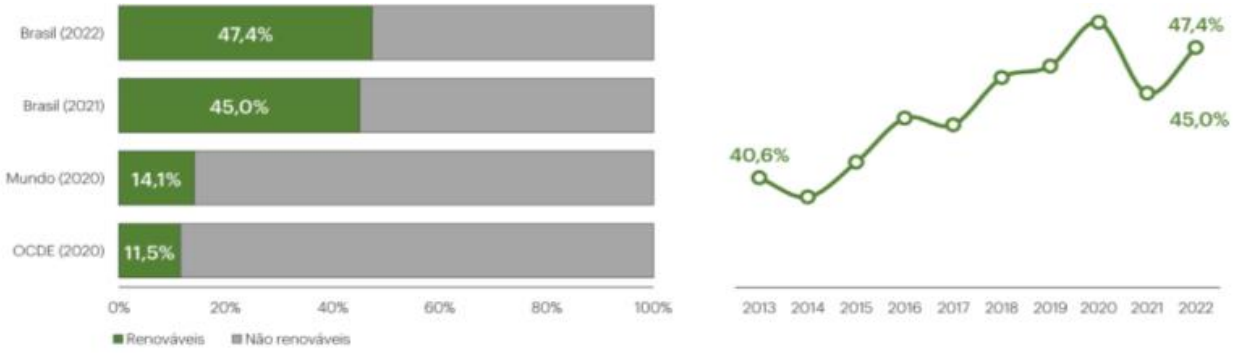
Figura 5 - Demonstração do consumo de combustíveis na atividade de transporte.



Fonte: MME, 2022.

A participação de renováveis na matriz energética foi marcada pela queda da oferta de energia hidráulica, associada à escassez hídrica e ao acionamento das usinas termelétricas. Na Figura 6, pode-se observar esse acréscimo no ano de 2022 em relação a 2021, com um aumento de aproximadamente 2% de energia renovável.

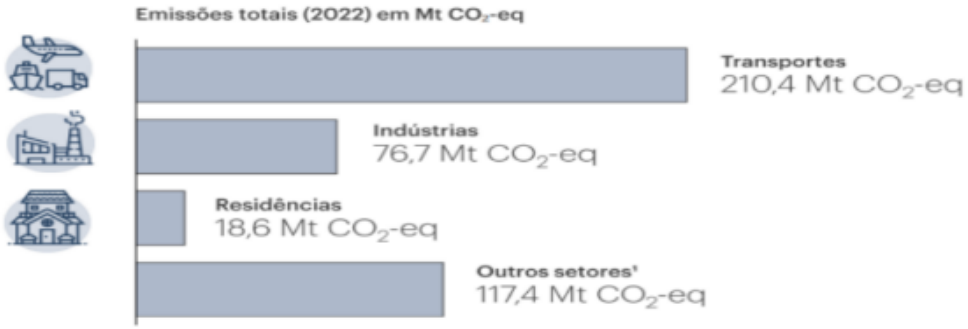
Figura 6 - Participação da oferta interna de energia na matriz energética (quanto a fontes renováveis)



Fonte: MME, 2023.

Conforme o Ministério de Minas e Energia (MME, 2023), em 2022 o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiu 423 milhões de toneladas de dióxido de carbono, sendo a maior parte gerada pelo setor de transportes, cerca de 210 milhões de toneladas, conforme demonstrado na Figura 7. Portanto, ao considerar a utilização de veículos elétricos como meio de transporte, é essencial priorizar fontes de energia renovável para o abastecimento desses veículos, reduzindo assim a emissão de gases poluentes de efeito estufa.

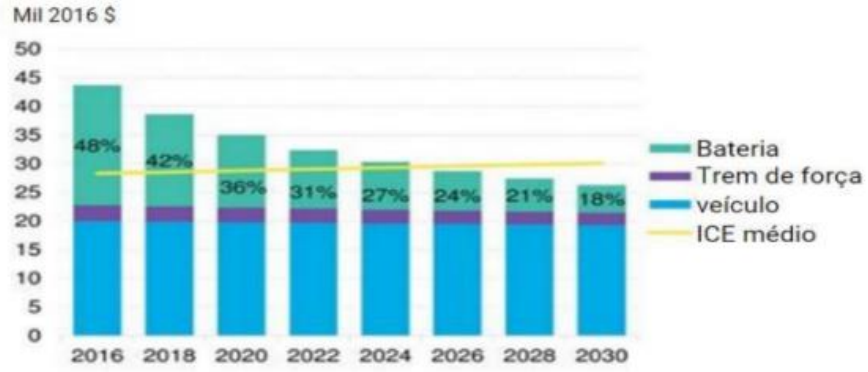
Figura 7 - Demonstração das emissões totais de CO2 no ano de 2022.



Fonte: MME, 2023.

Além do impacto ambiental, outro fator crucial é o custo, tanto de aquisição quanto de manutenção. Na Figura 8, é demonstrado como o preço das baterias afeta o valor final de um veículo elétrico, com uma projeção de preços para o ano de 2030. A perspectiva de redução do valor dos carros elétricos deve-se ao aprimoramento da tecnologia de armazenamento de energia, sendo as baterias as principais responsáveis. Atualmente, as baterias representam uma grande parcela do custo de produção de um veículo elétrico, e com a redução dos custos desse componente, os valores dos veículos também devem diminuir. A maioria dos VE utiliza baterias químicas para armazenar a eletricidade necessária para acionar o motor elétrico e movimentar o veículo. A autonomia, ou seja, a distância percorrida por recarga, depende do projeto de armazenamento (baterias). A maioria dos VEs mais antigos utilizava baterias de chumbo-ácido (NiMH), enquanto os mais modernos utilizam baterias de íons de lítio (Li-Ion) devido à sua eficiência e capacidade de armazenamento de energia elétrica (FGV Energia, 2017).

Figura 8 - Demonstração do preço médio estimado para os veículos elétricos em função dos anos



Fonte: THEDRIVEN, 2018, adaptado.

Além disso, a manutenção dos carros elétricos é mais econômica, pois não exige a troca de muitas peças, como velas, correias e filtro de combustível. Todavia, os procedimentos de manutenção nos carros elétricos precisam ser conduzidos com ferramentas e equipamentos exclusivos. A natureza intrinsecamente mais simples e robusta do design dos motores elétricos resulta em menor desgaste mecânico e, portanto, em uma vida útil mais longa. Essa durabilidade superior não apenas reduz os custos de manutenção ao longo do tempo, mas também supera consideravelmente a longevidade dos motores a combustão.

6 VEÍCULOS ELÉTRICOS: CIRCULAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS

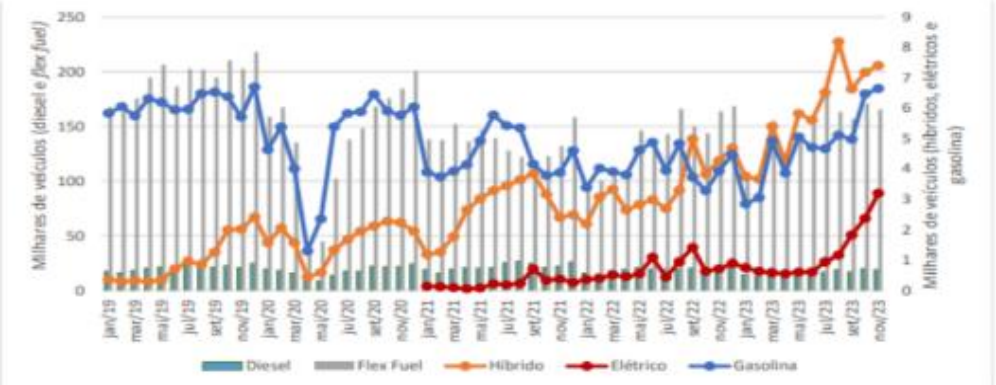
Em 2021, houve um aumento significativo nas vendas de veículos elétricos, impulsionado pela crescente importância da agenda ESG (Ambiental, Social e Governança). Com um foco renovado na sustentabilidade e na redução das emissões de carbono, a quantidade de carros elétricos em circulação no início de 2022 era de 79,8 mil veículos (CNN). Até o final de 2022, houve um crescimento de 40% nas vendas em relação ao ano anterior.

O mercado de automóveis está em constante evolução, com uma discussão global sobre a adoção de diferentes tecnologias veiculares e formas de uso. O setor de transporte está passando por mudanças significativas, impulsionadas pela busca de segurança

energética, preocupação com as mudanças climáticas e políticas ambientais. Outros fatores importantes incluem a oscilação dos preços do petróleo, riscos geopolíticos, surgimento de novas fontes de energia competitivas, inovações tecnológicas eletroeletrônicas e mudanças de hábitos (Machado, Costa e Stelling, 2018).

No contexto brasileiro, alguns dos principais desafios para a eletrificação da frota são o custo elevado, a infraestrutura de recarga e o uso de baterias, que demandam melhor desempenho e possuem alto custo de matéria-prima (EPE, 2023). Entretanto, conforme apresentado na Figura 9, a venda de híbridos e elétricos apresentou um crescimento significativo, com as vendas de veículos híbridos superando as de veículos a gasolina desde setembro de 2022. Os veículos elétricos passaram a ter relevância estatística a partir de janeiro de 2021 (EPE, 2023).

Figura 9 - Licenciamento mensal de veículos leves por categoria de combustível.

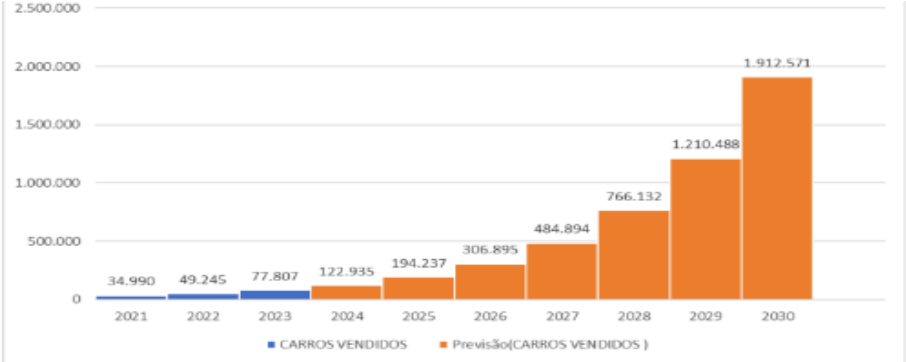


Fonte: EPE, 2023.

O mercado de veículos elétricos no Brasil está se expandindo rapidamente. Segundo a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE), em 2022 houve um acréscimo de 40% nas vendas em relação a 2021, passando de aproximadamente 34.990 veículos elétricos vendidos em 2021 para 49.245 em 2022. Essa tendência de crescimento anual é projetada para continuar.

O Brasil possui matérias-primas para a produção de baterias e semicondutores, o que, aliado ao estímulo à indústria nacional, pode oferecer vantagens competitivas ao país no cenário mundial (EPE, 2023). No entanto, é crucial implementar políticas públicas para incentivar a reciclagem de materiais críticos, evitando impactos ambientais negativos e garantindo o suprimento de materiais nas cadeias de produção. Na Figura 10, é apresentada a projeção da comercialização de veículos elétricos até 2030, com base na análise dos anos anteriores e considerando uma taxa de crescimento anual de 58%.

Figura 10 - Projeção do comportamento de vendas de VEs no Brasil até o ano de 2030.



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Essa abordagem rigorosa e fundamentada em dados históricos permite uma previsão mais precisa e confiável para os anos vindouros. Com essa projeção, pode-se observar a expectativa de crescimento dos veículos elétricos e híbridos no Brasil.

7 RESULTADOS

Neste tópico, serão realizados estudos de caso sobre a utilização de veículos elétricos, considerando a perspectiva de crescimento do mercado. Serão utilizadas as informações contidas na Tabela 1 para analisar diferentes situações de consumo.

Tabela 1 - Apresentação dos casos para análise.

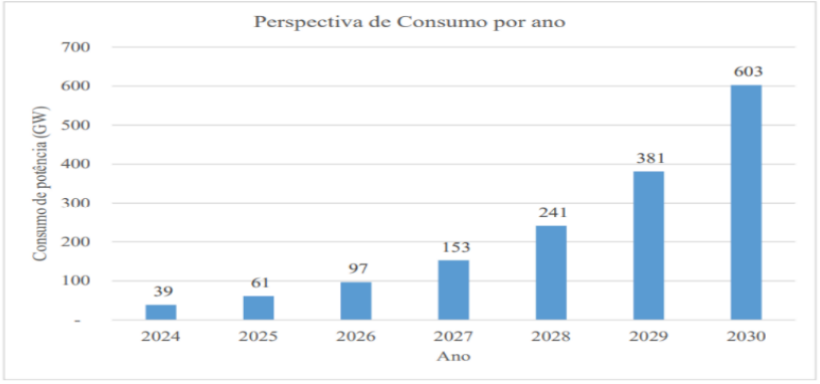
Descrição	Veículo	Utilização (km/mês)	Custo da Energia (R$/kWh)
Caso 01	Nissan Leaf	650	0,96
	Nissan Leaf	650	1,04
Caso 02	Nissan Leaf	1.250	0,96
	Nissan Leaf	1.250	1,04

Fonte: Autoria Própria, 2024.

7.1 Estudo de Caso 1: Consumo Mensal de 650 km

Para este estudo de caso, analisaremos um veículo elétrico Nissan Leaf, que possui uma bateria de 40 kWh e autonomia de 270 km. O objetivo é avaliar os custos de um veículo que percorre 650 km durante um mês. A Tabela 1 apresenta os valores de tarifa de energia elétrica, conforme a Resolução Homologatória ANEEL No 3.243/2023, para os estados do Pará e Amapá (EQUATORIAL, 2023). A Figura 11 ilustra uma perspectiva de consumo anual, destacando um aumento significativo no consumo de energia nos anos futuros. De acordo com uma pesquisa conduzida pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, a energia necessária para carregar os veículos elétricos em 2030 seria suficiente para abastecer 650.906 residências.

Figura 11 - Projeção de consumo ao longo dos anos com base nas informações do caso 01.

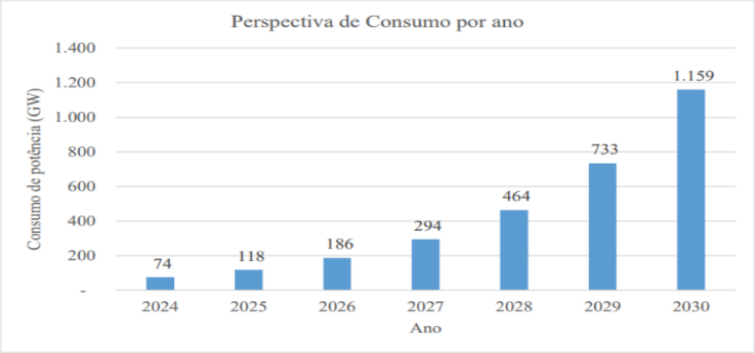


Fonte: Autoria Própria, 2024.

7.2 Estudo de Caso 2: Consumo Mensal de 1.250 km

No segundo estudo de caso, analisamos um cenário onde o veículo percorre 1.250 km durante um mês, novamente utilizando as tarifas de energia elétrica conforme a Resolução Homologatória ANEEL No 3.243/2023. A Figura 11 oferece uma visão do consumo futuro, revelando que a média mensal de consumo por residência na região Norte é de aproximadamente 77,3 kWh. A projeção para 2030 indica que a energia para carregar os veículos elétricos seria suficiente para abastecer 1.251.079 residências.

Figura 12 - Projeção de consumo ao longo dos anos com base nas informações do caso 02

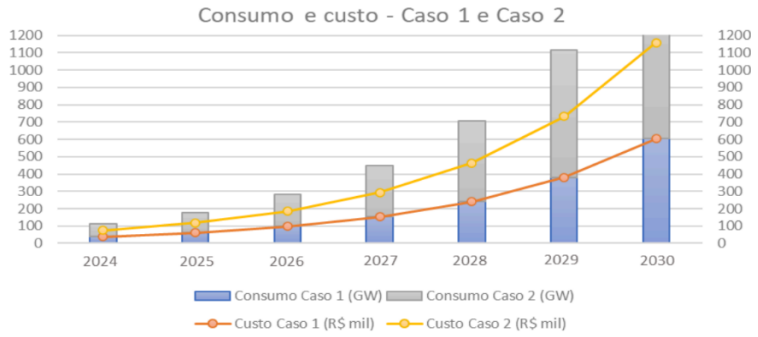


Fonte: Autoria Própria, 2024.

7.3 Discussão dos Resultados

A Figura 13 apresenta a projeção do consumo de potência em gigawatts (GW) de 2024 a 2030 para os dois cenários analisados: Caso 1 (650 km/mês) e Caso 2 (1.250 km/mês). O gráfico também ilustra os custos máximos associados a esse consumo, utilizando a tarifa de energia elétrica estabelecida pela Resolução Homologatória ANEEL No 3.243/2023.

Figura 13 - Projeção de consumo e custo - Caso 1 e Caso 2



Fonte: Autoria Própria, 2024.

As análises indicam perspectivas promissoras em termos de autonomia e eficiência energética dos veículos elétricos. A eficiência energética comparativa revela uma clara vantagem dos veículos elétricos em relação aos tradicionais movidos a gasolina, mostrando um consumo de energia significativamente menor.

Diante dessa perspectiva otimista de crescimento dos veículos elétricos, surge uma preocupação sobre como o Sistema Elétrico de Potência (SEP) responderá à crescente demanda. A projeção de crescimento e a implementação incremental na infraestrutura da rede elétrica exigem uma reflexão aprofundada sobre a adaptabilidade do SEP. É essencial considerar as implicações para a estabilidade e eficiência do sistema elétrico.

Este cenário não apenas realça a importância dos veículos elétricos no contexto da sustentabilidade, mas também sublinha a necessidade de um planejamento estratégico na educação em engenharia elétrica, para preparar futuros profissionais para enfrentar os desafios e oportunidades desta transição energética.

8 CONCLUSÃO

Neste trabalho, traçamos uma análise abrangente da evolução dos veículos elétricos, explorando não apenas suas características fundamentais, mas também seu intricado funcionamento. Os veículos elétricos surgiram como uma solução inovadora e sustentável para os desafios enfrentados pelo setor automotivo, oferecendo uma alternativa viável aos veículos tradicionais movidos a combustíveis fósseis.

Discutimos o impacto das emissões de gases poluentes dos veículos a combustão na qualidade do ar e no meio ambiente. Em seguida, examinamos como a matriz energética utilizada para abastecer os veículos elétricos influencia seu impacto ambiental, destacando a diversidade de fontes de geração de eletricidade e seu papel nas emissões totais de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos. Além disso, analisamos o consumo energético dos veículos elétricos, incluindo sua eficiência, autonomia e custo total de propriedade, comparando-os favoravelmente aos veículos de combustão interna em termos de simplicidade e necessidade reduzida de manutenção.

Projetamos também o crescimento esperado na adoção de veículos elétricos até 2030, utilizando métodos analíticos e modelos de previsão para avaliar as tendências de mercado. Nesta perspectiva, este trabalho visa destacar a viabilidade dos veículos elétricos no mercado nacional, destacando o aumento previsto no consumo de energia elétrica associado a essa transição.

Com o potencial crescimento na participação de veículos elétricos no mercado nacional, enfatizamos a importância de preparar estudantes de engenharia para esse novo cenário de mobilidade sustentável. Isso requer investimentos em geração distribuída, infraestrutura de recarga expandida, além de oportunidades para empresas explorarem novos serviços relacionados à energia elétrica, como pontos de recarga. Essas medidas não apenas promovem a adoção de tecnologias mais limpas, mas também impulsionam o desenvolvimento econômico e ambientalmente responsável.

REFERÊNCIAS

Balanço Energético Nacional 2022 - Ano-base 2021. Ministério de Minas e Energia. Brasília, DF, 2022.

BRACARENSE, Lilia. Estudo comparativo da emissão de CO2 equivalente das fontes de energia de veículos elétricos e movido a etanol. 2015.

DIVYA, K.C.; OSTERGAARD, J. Battery energy storage technology for power systems - An overview. Electr. Power Syst. Res., v. 79, p. 511–520, 2009.

EPE. Balanço Energético Nacional 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sitespt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico687/BEN2023.pdf. Acesso em: 12 maio 2024.

EPE. Demanda de energia dos veículos leves: 2024-2033. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-331/topico-694/NT-EPE-DPG-SDB2023-04_Demanda_Ve%C3%ADculos_Leves_2024-2033.pdf. Acesso em: 12 maio 2024.

EPE. Painel de Monitoramento do Consumo de Energia Elétrica. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/topico-768/Painel_de_Monitoramento_do_Consumo_de_Energia_El%C3%A9trica. Acesso em: 14 maio 2024.

EPBR. Toyota e White Martins testam sedã a célula de hidrogênio no Brasil. Disponível em: https://epbr.com.br/toyota-e-white-martins-testam-seda-a-celula-de-hidrogenio-no-brasil/. Acesso em: 10 maio 2024.

FGV. A transição energética no setor de transportes para nações em desenvolvimento: A perspectiva brasileira. 2022. Disponível em: https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/ddb03a1e-56a2-471d-9509-21730d3879c6/content. Acesso em: 13 maio 2024.

INFINITYSOM. Super Capacitor Importado 3000F Pack 6 - Até 10.000 RMS. Disponível em: https://infinitysom.com.br/super-capacitor-importado-3000f-pack-6-ate-10-000-rms.html. Acesso em: 10 maio 2024.

KHAN, A.; MEMON, S.; SATTAR, T. P. Analyzing Integrated Renewable Energy and Smart-Grid Systems to Improve Voltage Quality and Harmonic Distortion Losses at Electric Vehicle Charging Stations. IEEE Access, v. 6, pp. 26404-26415, 2018. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2830187.

MAGALHÃES, Jéssica. Carros Elétricos e Uso Eficiente de Baterias.

MACHADO, Giovani V.; COSTA, Angela O. dá; STELLING, Patrícia F. B. A Estrada à Frente: Oportunidades e Desafios para a Eletromobilidade no Brasil. Apresentado em Rio Oil & Gas Expo & Conference 2018, Rio de Janeiro, 2018: Organização IBP (IBP1714_18).

MELO, P. M. A. S. Características Básicas do Motor de Relutância Comutado. Revista Neutro à Terra, n. 22, p. 27–36, 2021.

SANTICIOLLI, F. M. Otimização dos Armazenadores de Energia Elétrica de um Veículo Híbrido em Função do Ciclo de Condução. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 2014. 141 p.

THEDRIVEN. Why are EVs more expensive? Is it really just the battery costs?. Disponível em: https://thedriven.io/2018/11/30/ev-price-tipping-point-automakers. Acesso em: 15 maio 2024.

ABSTRACT

This work presents the trajectory of electric vehicles with a comprehensive analysis of their path, addressing not only their fundamental characteristics but also exploring their intricate functioning in detail. Electric vehicles have emerged as an innovative and sustainable response to the challenges faced by the automotive sector, offering a viable alternative to traditional fossil fuel-powered vehicles. Subsequently, an analysis was conducted regarding the impact of pollutant gas emissions from traditional fossil fuel-powered vehicles on air quality and the environment. We then examined how the energy matrix used to power electric vehicles influences their environmental impact. We highlighted the diversity of electricity generation sources and their role in total greenhouse gas and atmospheric pollutant emissions. Additionally, the consumption of electric vehicles was analyzed, including their efficiency, autonomy, and total ownership cost. We also considered the simplicity and lower maintenance needs of these vehicles compared to internal combustion engine vehicles. Furthermore, a projection was made regarding the number of vehicles that will be in circulation by 2030, using analytical methods and forecasting models to evaluate market trends. In this perspective, this work aims to present the context of the potential participation of electric vehicles in the national market, as well as the increase in electricity consumption. Thus, with the prospect of increased participation of electric vehicles in the national market, it is important for electrical engineering students to observe the market possibilities. This will require investments in distributed generation, such as systems installed in consumers' homes, more investment in charging points, enabling many companies to sell the product of these vehicles (electricity), among other constructive characteristics for these vehicles.

KEYWORD: Sustainability; electric vehicles; energy efficiency; reduction in emissions; polluting gases; electrical engineering education.