

Veículos elétricos no Brasil – Uma abordagem abrangente

Gabriel dos Santos Srideli
Departamento de Eng. Elétrica
UFTM
Uberaba, Brasil
gabrielscrideli@gmail.com

Lucas Pereira Pires
Departamento de Eng. Elétrica
UFTM
Uberaba, Brasil
lucas.pires@uftm.edu.br

Arnaldo José Pereira Rosentino Jr.
Departamento de Eng. Elétrica
UFTM
Uberaba, Brasil
arnaldo.rosentino@uftm.edu.br

Danillo Borges Rodrigues
Departamento de Eng. Elétrica
UFTM
Uberaba, Brasil
danillo.rodrigues@uftm.edu.br

Rodrigo Rimoldi de Lima
Departamento de Eng. Elétrica
UFTM
Uberaba, Brasil
rodrigo.lima@uftm.edu.br

Luiz Carlos Gomes de Freitas
Faculdade de Eng. Elétrica
UFU
Uberlândia, Brasil
lcfreitas@ufu.br

Resumo — A crescente preocupação com as mudanças climáticas e a necessidade de soluções energéticas sustentáveis, aliadas à economia financeira, têm impulsionado a adoção dos veículos elétricos tanto no cenário nacional quanto exterior. O trabalho apresenta análises abrangentes acerca das tecnologias subjacentes à eletrificação veicular. São discutidos dados atualizados de venda desses veículos no Brasil e no mundo, bem como os desafios relacionados à fabricação e à disseminação dos veículos elétricos, especialmente no Brasil, incluindo as perspectivas futuras do mercado. A análise inclui ainda uma revisão das tecnologias de baterias mais disseminadas no mercado, bem como aspectos compreensivos dos níveis de recarga e também dos padrões de conexão de veículos elétricos à rede elétrica. Por fim, o trabalho aborda os desafios atuais e futuros do setor elétrico automotivo, tanto no Brasil quanto no mundo, destacando aspectos importantes e obstáculos que devem ser superados de modo a consolidar a tecnologia de eletrificação veicular.

Palavras-chave — baterias, EVs, mobilidade elétrica, recarga

I. INTRODUÇÃO

A produção e o consumo de petróleo ao redor do mundo aumentaram 4,2% em 2022 quando comparado a 2021. O aumento do consumo de petróleo, por sua vez, acarreta aumento na emissão de CO₂ [1]. Sobre a emissão de carbono, 86% dessa emissão se deve à queima de combustíveis fósseis para a produção de energia, no qual os principais países responsáveis são Estados Unidos, China e Rússia [2]. Não obstante, na COP 28 (28ª conferência do clima da Organização das Nações Unidas (ONU)), ocorrida em 2023, foi definido como meta a diminuição na emissão de gases de efeito estufa, além de triplicar a capacidade de energia renovável a nível mundial [3].

Neste contexto, o estudo feito por [4] avaliou a emissão total de gás carbônico (CO₂) de um mesmo veículo com 4 fontes de energias diferentes, sendo elas o etanol hidratado, a gasolina do tipo C brasileira e duas fontes de eletricidade (uma conforme a matriz energética brasileira e outra conforme a matriz europeia). Enquanto um carro a gasolina libera cerca de 60,64 kg de CO₂ em um dado percurso, um carro elétrico recarregado a partir da matriz energética europeia libera 30,41 kg e um carro elétrico recarregado a partir da matriz brasileira libera por volta de 21,45 kg de CO₂. Sendo assim, fica evidente a importância dos EVs (do inglês, *Electric Vehicles*) no que se refere ao atendimento das

metas ambientais ora estipuladas, corroborando com os dados de preocupação ambiental. De fato, a eletrificação dos veículos automotores tem aumentado significativamente, sendo que em 2010 havia cerca de 17.000 veículos elétricos em circulação no mundo, enquanto que em 2019 esse número já somava por volta de 7,2 milhões [5]. De modo mais recente, a IEA (*International Energy Agency*) relata que o número de veículos eletrificados já ultrapassou a escala de 40 milhões em 2023 [6], sendo possível observar na Fig. 1 que houve aumento exponencial na frota mundial de veículos eletrificados nos últimos anos.

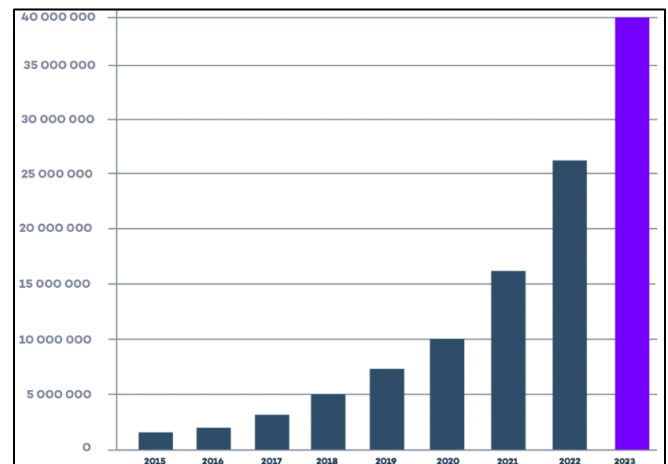


Fig. 1. Frota mundial de veículos eletrificados até 2023. Fonte: [6]

No Brasil, mais especificamente, até dezembro de 2024 foram vendidos cerca de 398 mil veículos eletrificados, conforme registros da ABVE (Associação Brasileira de Veículos Elétricos), de modo que houve aumento de mais de 88% de vendas em 2024 se comparado a 2023 [7]. Como perspectivas futuras, de acordo com [8], espera-se que até 2028 os preços dos BEVs (*Battery Electric Vehicles*) se equiparem com os carros a combustão, o que será alcançado a partir da queda no preço das baterias, que atualmente é o componente mais caro do veículo. Nesta mesma linha, as expectativas são de que até 2035 60% das vendas já sejam de carros elétricos, o que traz também o desafio da recarga, no caso, via matriz energética [9].

É importante ressaltar, entretanto, que o futuro crescimento e a disseminação do uso de BEVs estão

associados não apenas à diminuição nos preços dos materiais e equipamentos para a produção do veículo e aos avanços tecnológicos que promovem mais autonomia e eficiência dos mesmos, de modo que também é fundamental ter-se a disseminação de pontos de recarga ao longo do território nacional, o que tornará viável a utilização dos BEVs fora dos grandes centros urbanos, onde atualmente é mais concentrada. Sendo assim, nas chamadas “estações de recarga” encontra-se a tecnologia de suprimento de energia elétrica para a recarga controlada e segura do veículo. A normatização internacional destas estações é feita pelas normas da *International Electrotechnical Commission Standard* (IEC 61851-1) [10] e pela *Society of Automotive Engineers standard* (SAE J1772) [11].

Diante do exposto, o presente trabalho visa trazer de forma compreensiva os principais aspectos relacionados às tecnologias envolvidas na eletrificação veicular, permeando características comuns e diferenciando os 4 tipos de veículos elétricos: BEVs (*Battery Electric Vehicles*), PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicles*), HEV (*Hybrid Electric Vehicles*) e FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicles*). O texto também aborda tecnologias de baterias e suas vantagens/desvantagens, tipos de recarga, padrões de conexão, desafios do setor elétrico no atendimento da demanda e especificidades do mercado de EVs no Brasil.

II. TECNOLOGIA DE BATERIAS PARA EVs

O principal tipo de tecnologia de bateria que atualmente é empregado na eletrificação veicular é a de íon-lítio e, mais especificamente, baterias de lítio-ferro-fósforo (LFP), essa última correspondendo a mais de 40% do mercado em 2023 [12]. Tal fato se deve ao excelente valor de energia específica da tecnologia de lítio (podendo chegar até 300 Wh/kg) aliado ao baixo peso do banco (conhecido em inglês como *pack*), quando comparado com outras tecnologias [13]. Além disso, não possui efeito de memória e possui vida útil longa (até 12 mil ciclos), além da capacidade de reciclagem e segundo uso [13]. Como principais desvantagens, cita-se o risco elevado de incêndio caso ocorra sobrecarga e o elevado custo para a produção [14], por mais que o preço tenha caído cerca de 88% na última década [15].

A. Resumo das principais tecnologias de baterias aplicadas a EVs

Basicamente 5 tipos de bateria de íon-lítio são comercialmente passíveis de aplicação em EVs:

- Lítio-níquel-cobalto-alumínio (NCA): possui alta densidade energética e longa vida útil, mas sua instabilidade térmica e alto custo limitam seu uso em eletrônicos de consumo [15]. Sua principal aplicação é em armazenamento de energia para redes elétricas [14].
- Lítio-níquel-manganês-cobalto (NMC): composição típica de 60% de níquel e 20% de manganês e cobalto. É uma das opções mais econômicas de íon-lítio, com baixo auto aquecimento e tensão nominal de 3,7 V [14].
- Lítio-manganês-espinel (LMO): destaca-se pela baixa resistência interna, permitindo carga/descarga rápida e maior segurança térmica. No entanto, sua vida útil é limitada (300–700 ciclos) [14].

- Lítio-titanato (LTO): emprega nanotecnologia para recargas rápidas e alta segurança, tensão nominal de 2,4 V, porém com custo elevado [14].
- Lítio-ferro-fósforo (LFP): amplamente adotado em veículos elétricos devido ao longo ciclo de vida, baixa autodescarga e alta segurança térmica. Entretanto, apresenta tensão nominal inferior a outras químicas de lítio [14].

A Fig. 2 apresenta o comparativo gráfico entre os tipos de baterias citadas no que se refere às suas características positivas, ou seja, as barras representam a potencial vantagem de cada fator para cada tecnologia (quanto mais distante do centro, melhor o quesito analisado). Por exemplo, no quesito custo, o elevado custo da bateria LTO a torna menos atrativa, o que é indicado pela linha mais próxima ao centro. Ainda nessa figura, é evidente o equilíbrio que existe entre custo, energia específica, segurança, performance e ciclo de vida da tecnologia LFP, o que justifica a preferência do mercado para esta tecnologia.

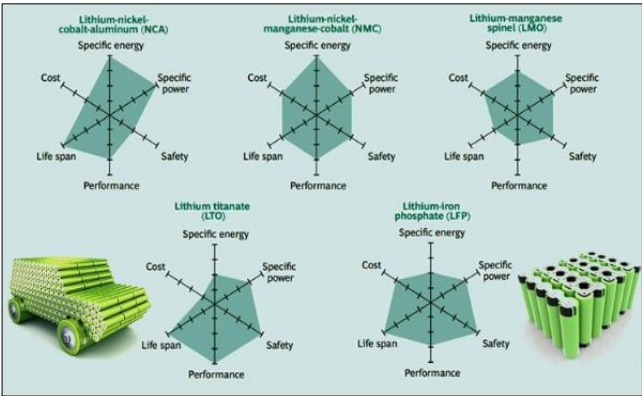


Fig. 2. Gráfico comparativo de atratividade de custo, energia específica, segurança, performance e ciclo de vida em baterias de íon-lítio. Fonte: [14]

A fim de fazer a comparação de forma quantitativa das tecnologias de baterias citadas, a Tabela I apresenta os principais dados geralmente observados na escolha de baterias para EVs.

TABELA I. COMPARAÇÃO QUANTITATIVA DAS DIFERENTES TECNOLOGIAS DE BATERIAS DE ÍON-LÍTIO. FONTE: ADAPTADO DE [14].

	LTO	NMC	LFP	NCA	LMO
Tensão nominal	2,4 V	3,7 V	3,3 V	3,7 V	3,7 V
Energia específica	50 - 80 Wh/Kg	150 - 220 Wh/Kg	90 - 120 Wh/Kg	200 - 260 Wh/Kg	150 - 220 Wh/Kg
Ciclos de vida	3000 - 7000	1000 - 2000	5000 - 7000; em algumas células é possível 12000	500	500 - 1000
Custo por kWh	~\$1005	~\$420	~\$580	~\$350	-

B. Estrutura e gerenciamento de energia em baterias de EVs

A associação de diversas células de bateria em série permite aumentar a tensão do conjunto, o que por sua vez favorece à diminuição da corrente extraída na movimentação ou no momento do carregamento para uma dada potência. Por sua vez, isto possibilita diminuir as perdas térmicas nos condutores e auxilia nos requisitos de capacidade de condução de corrente, requisitando uso de cabos CC (corrente contínua) de menor seção transversal. Entretanto, é inserindo mais células em paralelo que se consegue obter maior capacidade (do inglês, *C-rate*), dada em Ah, para o conjunto, de modo que um maior *C-rate* permite, por exemplo, que a autonomia (quantidade de quilômetros rodados com uma recarga completa da bateria) do veículo seja maior, além de possibilitar o atendimento à elevada e variável demanda energética do motor elétrico do veículo. A estrutura formada dos conjuntos de associação em série e paralelo forma o *pack* de baterias, sendo ele controlado por um sistema de gerenciamento energético denominado BMS (*Battery Management System*), responsável por coordenar a injeção e extração de energia da bateria de modo eficiente, equilibrado entre as células e otimizado do ponto de vista de vida útil do conjunto. O BMS, além de monitorar os conjuntos individualmente, também é responsável por proteger o sistema para que não haja sobrecarga nas células [15]. De modo simplificado, a Fig. 3 ilustra um exemplo de conexões das células até a formação do *pack* com gerenciamento por BMS.

De forma integrada, o BMS se comunica com o OBC (*On Board Charger*), o carregador de bordo do veículo, sendo este dispositivo eletrônico o responsável pela conversão da corrente alternada (CA) advinda do sistema de distribuição em corrente CC para recarregar de forma controlada o *pack* de baterias do veículo em recargas lentas [15], podendo chegar a potências de até 22 kW em alguns casos [16]. No entanto, na chamada recarga rápida, feita em CC e gerenciada por um sistema de recarga externo de elevada potência, o OBC não atua, dessa maneira retirando sua limitação quanto a conversão e permitindo que os níveis de recarga alcancem de 50 kW a até 350 kW [17].

A Fig. 3 apresenta um conjunto eletrônico formando um OBC integrado para aplicações nos veículos da Toyota. Nela é possível identificar, além da placa eletrônica na parte superior, a saída CC (em laranja, indicando tensão CC elevada) para conexão ao *pack* de baterias e os dutos de entrada e saída de líquido de arrefecimento (no centro da parte frontal da figura, e à esquerda na lateral visível) que possibilitam a troca de calor forçada do OBC com o sistema de ventilação a fim de manter a temperatura do sistema eletrônico dentro dos limites operacionais.

C. Aspectos de vida útil e reaproveitamento de baterias utilizadas por EVs

Uma vez que a bateria é a parte componente de maior custo do veículo [19], é de suma importância tomar atitudes que levem à sua conservação e maximização da vida útil, o que leva à necessidade de reposição tardia do *pack*. Nesse contexto, uma das variáveis que mais estão ligadas à limitação da vida útil das baterias de íons de lítio é a sua profundidade de descarga (*DoD* – *depth of discharge*, em inglês), na qual um percentual de 100% corresponde à toda

energia (aferida em kWh) disponível no *pack* retirada da bateria em dado ciclo de descarga. Quanto maior a profundidade de descarga, maior o dano causado à vida útil da bateria [20]. As recomendações são de que a bateria deve ter sempre entre 20% a 80% de estado carga [15].



Fig. 3. Carregador on-board (OBC) integrado fabricado pela Toyota. Fonte: [18].

Estima-se que a vida útil das baterias de lítio é de 15 a 20 anos, havendo ainda a possibilidade de reutilização [21]. Neste sentido, uma das possibilidades é seu uso para o armazenamento de energia em sistemas que envolvem a tecnologia fotovoltaica [22].

III. MERCADO DE EVs E O MEIO AMBIENTE

A fabricação de um EV, quando comparada a um carro a combustão, é bem semelhante. Como exemplo, cita-se o caso do *Chevrolet Bolt*, de modo que um carro 100% elétrico na fábrica em *Oregon*, nos Estados Unidos, possui a mesma linha de montagem que os carros compactos *Sonic hatch* e *sedan*, tendo como as duas diferenças básicas o conjunto de baterias no lugar do tanque de combustível e na seção que integra a carroceria ao conjunto motor-transmissão-suspensão, uma vez que o *Bolt* possui propulsão elétrica. Entretanto, por mais que o carro elétrico tenha menos componentes, seu valor de fabricação é maior que o veículo a combustão, uma vez que sua arquitetura é mais complexa, o que por conseguinte faz com que enquanto o carro a combustão tenha custo próximo de 15 a 20 mil dólares, o elétrico chega ao valor de 36 a 43 mil dólares [23].

A. EVs e as emissões de CO₂ no meio ambiente

No que se refere ao fator ambiental, seu impacto real depende criticamente da matriz energética utilizada para a recarga. Este aspecto é particularmente relevante em regiões como a Europa, onde parte significativa da eletricidade ainda é gerada por termelétricas, transferindo as emissões do escapamento dos veículos para as usinas de energia. Um estudo comparativo presente em [24] avaliou as emissões totais de CO₂ (incluindo produção de energia e combustível) em um percurso de 260 km, comparando quatro cenários distintos: veículo a gasolina Tipo C (60,64 kg CO₂), EV recarregado na matriz europeia (30,41 kg CO₂, representando 50% menos emissões), veículo a etanol (25,79 kg CO₂) e EV recarregado na matriz brasileira (21,45 kg CO₂). Os resultados demonstram claramente como a sustentabilidade dos EVs está diretamente vinculada ao perfil de geração elétrica local, com o caso brasileiro – beneficiado por sua matriz renovável – superando até mesmo o desempenho do etanol em termos de redução de emissões.

B. Modelos comerciais de BEVs

A linha mais econômica no Brasil revela o modelo chinês *BYD Dolphin*, que possui bateria de 44,9 kWh, eficiência de 132 Wh/km, autonomia de 340 km, potência de carga CA de 7 kW e potência de carga CC de até 60 kW [25], podendo ser encontrado com valor próximo a R\$ 150.000 [26]. Ainda se tratando dessa montadora chinesa, há o *Seal*, com uma bateria de 82,56 kWh, autonomia de 372 km e um tempo de recarga de menos de 30 minutos em CC [27], com valor próximo a R\$ 297.000 [28].

A montadora sueca *Volvo*, por sua vez, disponibiliza o modelo *C-40*, com velocidade de recarga CC de 10% a 80% em 28 minutos e com autonomia de 385 km, custando cerca de R\$ 360.000 no Brasil [29].

No exterior, existe o *Tesla model S*, que com uma bateria de 100 kWh pode ser carregado de 0-80% em 65 minutos em uma estação de carga de 75 kW ou em 42 minutos em uma estação de 120 kW. Possui custo de \$ 66.990 [30]. Outro modelo da *Tesla*, o *Model X* é um SUV que possui autonomia de 580 km e bateria de 100 kWh. A sua capacidade de carga pode chegar a até 16,5 kW (trifásico) e pode carregar 171 milhas (por volta de 275 km) em 15 minutos com a recarga rápida. Seu preço é de cerca de \$ 63.990 [31].

IV. CLASSES DE EVs E SUAS ESPECIFICIDADES

Os EVs são divididos em 4 classes, conforme ilustra a Fig. 4: veículos híbridos (do inglês, *HEV - Hybrid Electric Vehicle*), veículos híbridos plug-in (do inglês, *PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle*), veículos elétricos a bateria (do inglês, *BEV - Battery Electric Vehicle*) e veículos a célula combustível (do inglês, *FCEV - Fuel Cell Electric Vehicle*).

A. Veículos elétricos híbridos (HEV)

Os veículos híbridos (*HEVs*) combinam um motor a combustão interna (*ICE - Internal Combustion Engine*) com um sistema elétrico, utilizando gasolina como principal fonte de energia sem capacidade de recarga externa. Seu projeto emprega baterias de pequena capacidade, carregadas pelo motor térmico e pelo sistema de frenagem regenerativa (*KERS - Kinetic Energy Recovery System*), otimizando o consumo de combustível, especialmente em tráfego urbano, onde o modo elétrico predomina, é possível visualizar o modelo na Fig. 4 (parte a) [32].

A principal vantagem dos *HEVs* está no menor custo operacional comparado a veículos elétricos puros (*BEVs*) ou híbridos plug-in (*PHEVs*). Entretanto, suas limitações incluem a impossibilidade de operação totalmente elétrica (com emissões residuais de CO_2), falta de recarga elétrica externa e maior complexidade mecânica que pode aumentar os custos de manutenção [32].

B. Veículos elétricos híbridos plug-in (PHEV)

Assim como os *HEV*, os *PHEV* também possuem motor a combustão e motor elétrico, sendo a principal diferença em relação ao *HEVs* a possibilidade de serem conectados à rede elétrica para recarga da bateria [32]. Nesse caso, tal possibilidade permite uso de baterias com maior capacidade de armazenamento, o que culmina na autonomia elétrica maior em comparação com os *HEVs*. Além disso, podem funcionar em modo 100% elétrico por um período maior que os *HEVs*, o que dependerá das condições de trânsito e

necessidades do motorista, tendo também a opção de usar o motor a combustão quando necessário [33]. A Fig. 4 (parte b) apresenta a estrutura simplificada de um *PHEV*, na qual é evidente que esta tecnologia de veículos, assim como as demais, possui o sistema de recuperação de energia cinética (*KERS*).

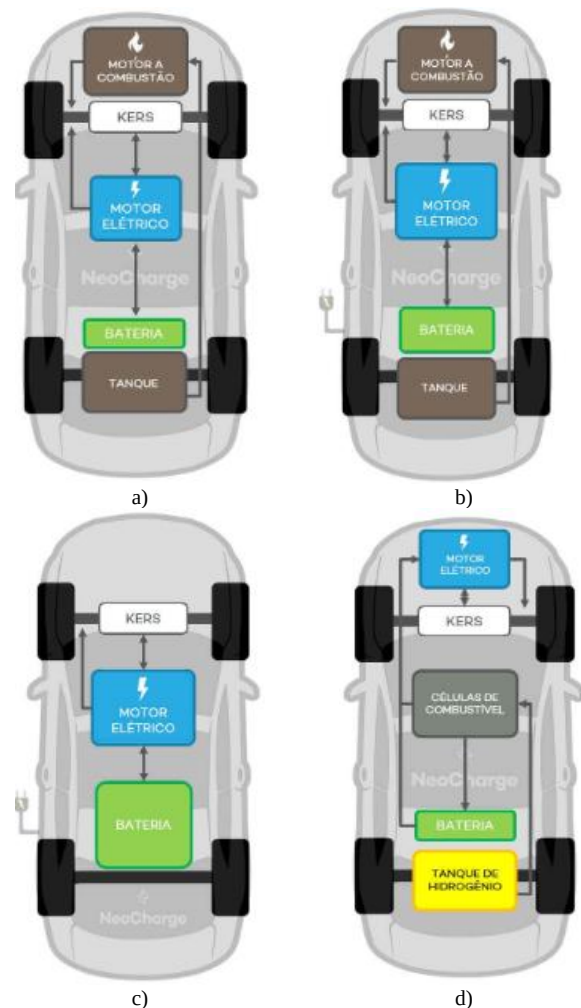


Fig. 4. Estrutura simplificada de um: a) *HEV*; b) *PHEV*; c) *BEV*; d) *FCEV*. Fonte: [32].

A principal vantagem dessa tecnologia é a combinação dos motores elétrico e a combustão, os *PHEVs* oferecem maior eficiência que *HEVs* para viagens longas [34]. A óbvia desvantagem é o seu alto custo quando comparado ao *HEV*, o que advém em grande parte da necessidade de inclusão de uma bateria de maior capacidade e toda a estrutura de recarga *onboard* necessária (um *OBC*, já tratado anteriormente, por exemplo) [34].

C. Veículos elétricos a bateria (BEV)

Os *BEVs* possuem um sistema de propulsão totalmente elétrico, alimentado por baterias de alta capacidade que são recarregadas através da rede elétrica, seja em modo lento (CA) ou rápido (CC), conforme ilustrado na Fig. 4 (parte c) [33]. Seu projeto incorpora o sistema *KERS* para recuperação de energia durante frenagens, aumentando a eficiência energética [35]. A arquitetura simplificada dos *BEVs* apresenta vantagens significativas como motores elétricos compostos apenas por rotor e estator, são mais duráveis e

requerem menos manutenção que motores a combustão, por dispensarem sistemas como lubrificação, velas e filtros de ar [35]. Tecnologias como o *one-pedal drive* potencializam a eficiência, utilizando a frenagem regenerativa para preservar os freios convencionais [36].

Entretanto, os BEVs enfrentam quatro desafios principais: 1) longos tempos de recarga em carregadores domiciliares; 2) autonomia limitada para percursos extensos; 3) alto custo inicial, concentrado no pack de baterias; 4) infraestrutura de recarga ainda insuficiente, especialmente em países com grandes territórios como o Brasil [37].

D. Veículos elétricos a célula combustível (FCEV)

Os veículos a célula de combustível (FCEVs) utilizam hidrogênio para gerar eletricidade por meio de uma célula de combustível acoplada a um sistema de eletrônica de potência, conforme ilustrado na Fig. 4 (parte d). Diferentemente dos BEVs, que dependem exclusivamente de baterias de grande capacidade, os FCEVs empregam baterias menores, principalmente para armazenar energia recuperada pela frenagem regenerativa (KERS) e auxiliar em acelerações rápidas, além de otimizar o funcionamento da célula de combustível em baixas demandas de potência [38].

A principal vantagem dos FCEVs está no tempo de recarga significativamente menor (5 a 10 minutos) e na emissão zero de poluentes durante a operação, liberando apenas vapor d'água [39]. No entanto, a sustentabilidade real desses veículos está condicionada ao método de produção do hidrogênio, que ainda em grande parte depende de fontes fósseis, gerando emissões indiretas. Outro desafio crítico é a infraestrutura limitada de abastecimento de hidrogênio, um obstáculo global que restringe a disponibilidade comercial desses veículos – em 2020, apenas três modelos estavam disponíveis nos EUA: *Honda Clarity Fuel Cell*, *Hyundai Nexo* e *Toyota Mirai* [39]. Apesar disso, há perspectivas de crescimento, com montadoras como BMW e Toyota planejando lançar novos FCEVs até 2028 [40].

V. NÍVEIS E PADRÕES DE RECARGA DE EVs

A. Níveis de recarga para EVs

Em termos de níveis de recarga, tem-se 3 níveis de definidos pela SAE: Nível 1, Nível 2 e Nível 3. As peculiaridades de cada nível são [41]:

- **Nível 1:** sendo do tipo CA, é voltado apenas para aplicação residencial, no qual conecta-se o EV a uma tomada doméstica típica de 127 V, podendo ter potência de até 3,7 kW.
- **Nível 2:** também do tipo CA, é encontrado em casas, comércios, shoppings, universidades, etc. Requer estrutura elétrica específica, com tensão em 220 V e potência, na versão trifásica, podendo alcançar 22 kW. É o tipo de recarga mais comumente encontrada, podendo carregar o veículo em 2 horas a depender da capacidade da bateria.
- **Nível 3:** sendo do tipo CC, é encontrado geralmente em pontos estratégicos onde há necessidade de grandes deslocamentos, como em postos de abastecimento de rodovias, por exemplo. Requer estrutura elétrica específica, com tensão de até 480 V e podendo alcançar potência de recarga de até 350 kW. É o tipo de recarga mais rápida existente, podendo carregar o

veículo em menos de 1 hora a depender da capacidade da bateria.

No Brasil mais especificamente, os níveis de recarga são definidos pela ABNT, de modo que a principal norma relacionada ao tema é a ABNT NBR IEC 61851-1, referente ao sistema de recarga condutiva para veículos elétricos [15].

B. Padrões de conexão para recarga de EVs

No que se refere aos padrões de conexão para recarga de baterias de EVs, tem-se diversos tipos disseminados mundialmente, conforme elencado na Fig. 5, a qual também indica a norma seguida em cada padrão [42]. Há padrões tanto para recarga em CA quanto para recarga em CC, inclusive com padrão exclusivo, como é o caso do padrão Tesla utilizado somente nos veículos desta montadora e mostrado na Fig.6.

	N.America Type1	EU Type2	China	Japan
AC	 SAE J1772 /IEC 62196-2	 IEC 62196-2	 GB/T 20234.2-2011	 IEC 62196-2
DC	 SAE J1772 /IEC 62196-3	 IEC 62196-3	 GB/T 20234.3-2011	 CHAdeMO

Fig. 5. Padrões internacionais de conectores para recarga de EVs. Fonte: [44].



Fig. 6. Conector de recarga de EVs da montadora Tesla. Fonte: [45].

Por óbvio que a falta de um padrão mundial de conectores acaba por não ser útil, já que não auxilia na disseminação da infraestrutura de recarga, permitindo haver incompatibilidade entre alguns modelos ou necessidade de utilização de adaptadores. De forma resumida, os destaques dos principais conectores de recarga de EVs são [42]:

- **Tesla Supercharger:** tipo de conector exclusivo da Tesla, tendo um modelo na América do Norte e outro para o resto do mundo. Suporta carregamento AC níveis 2 e 3.
- **Mennekes tipo 2 (modelo EU):** com 7 pinos, é usado principalmente para veículos elétricos fabricados para a Europa. Tem-se a possibilidade de utilização de rede monofásica ou trifásica, com tensão máxima de 400 V, corrente de até 63 A e potência de até 43 kW. Este conector permite a utilização de estações de carregamento com nível 2 e 3.
- **SAE J1772 tipo 1 (conhecido como J-Plug):** possui 5 pinos e é bastante comum nos EVs americanos e asiáticos. Este conector é usado para recargas nível 1 e 2, sendo que o padrão monofásico é de 230 V / 32 A

com limite de potência de 7,4 kW. É compatível com os seguintes fabricantes: Citroën, Chevrolet, Ford, Kia, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot e Toyota [43].

- **CCS (tipo 1 e tipo 2):** o sistema combinado de recarga (do inglês, CCS - *Combined Charging System*) permite usar estações de recarga lentas e rápidas, já que o plugue é uma combinação de um conector CA com uma opção CC. Os oito principais fabricantes americanos e alemães (Ford, GM, Chrysler, Audi, BMW, Mercedes-Benz, Volkswagen e Porsche) aderiram a este formato [47]. Ressalta-se também que o CCS tipo 1 é compatível com o padrão J1772 Tipo 1. Os 4 níveis de recarga podem ser usados, já que o CCS abrange desde 200 V até 500 V com até 200 A e potência de 100 kW. Tais características fazem do CCS tipo 2 o conector mais comum em estações de recarga rápida na Europa.
- **CHAdMO:** foi desenvolvido pela *TEPCO (Tokyo Electric Power Company)*, formada pelas montadoras Nissan, Mitsubishi e Fuji Heavy Industries, tendo a Toyota ingressado posteriormente [44]. É o padrão utilizado pela maioria dos EVs japoneses, tendo sido projetado para uso em estações de recarga CC nível 4, podendo operar em até 500 V / 125 A a 62,5 kW.
- **GB/T:** padrão exclusivo para EVs fabricados na China, se assemelha ao Mennekes europeu, apesar de não ser tecnicamente compatível com ele. Existem dois tipos de conectores para este padrão, um para carregamento lento (CA) e outro para carregamento rápido (CC). Compatível com fabricantes chineses como BYD, JAC, Chery. Porém ressalta-se que algumas montadoras chinesas também trabalham com outros padrões para atender os mercados fora da China [43].

A Fig. 7 traz a indicação de pinos do conector SAE J1772 em seu modelo monofásico (na parte a) e trifásico (na parte b). Na Fig. 7, as indicações L1, L2 e L3 referem-se aos condutores de fase, N ao condutor neutro, PE é o condutor de proteção, CP trata do controle piloto (*control pilot*) e, por fim, o pino PP é piloto de proximidade (*proximity pilot*) [43].

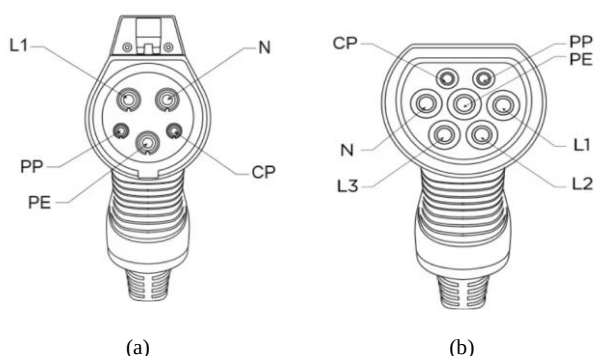


Fig.7 Conectores de recarga de EVs padrão SAE J1772: a) tipo 1 monofásico; b) tipo 2 trifásico. Fonte: [46].

No caso particular do Brasil, os carros elétricos mais vendidos atualmente utilizam geralmente os conectores SAE Tipo 1, *Mennekes* Tipo 2 CA (modelo europeu), CCS Tipo 2, *CHAdMO* e *GB/T*. Não sendo um problema somente do país, essa variedade causa transtornos porque as estações de recarga na maioria das vezes não têm todos os padrões. Os pontos na Rodovia Presidente Dutra, por exemplo, oferecem apenas as tomadas *Mennekes*, CCS Tipo 2 e *CHAdMO*. Por

outro lado, os postos de recarga em alguns shoppings e supermercados são limitados apenas ao plugue *Mennekes* [43]. Desta feita, o motorista do veículo, além de se preocupar com a distância entre as estações de recarga de acordo com a autonomia do veículo, deve ainda analisar se a estação contém o padrão utilizado pelo seu EV, o que é bem mais simples em veículos a combustão interna devido à padronização da bomba de combustível nos postos de abastecimento. Ocorre ainda que esse problema não será resolvido com facilidade, pois há uma disputa de qual é o sistema mais eficiente: japonês, europeu ou americano [47].

VI. DESAFIOS NO CONTEXTO DA DISSEMINAÇÃO E POPULARIZAÇÃO DOS EVs

A. Desafios do setor elétrico para atendimento da demanda de recarga EVs

A possibilidade de o proprietário efetuar a recarga do seu EV em casa (no período noturno, por exemplo) conectando-o à rede elétrica de baixa tensão por meio dos *EVSE (Electric Vehicle Supply Equipment)*, que podem drenar até 22 kW (padrão de recarga trifásico, nível 2), sem a necessidade de se deslocar até o posto de recarga rápida, é excelente e, provavelmente, será a maneira mais usual de recarga com a disseminação da tecnologia de locomoção eletrificada.

Contudo, a concentração de recargas no horário de pico (18h-21h), quando os proprietários retornam do trabalho, representa um desafio para as redes elétricas. O estudo feito por [48], por exemplo, analisou o resultado da recarga de *PHEVs* simulando cenários diversos de horário, revelando um possível aumento de carga que ultrapassa os 80% às 17h. Na Califórnia em 2023, quando foi necessário restringir recargas durante crises de abastecimento [49]. Projeções para os EUA apontam que a demanda residencial por eletricidade poderá crescer 38% até 2035, impulsionada pela eletrificação veicular, exigindo investimentos em modernização e expansão da infraestrutura elétrica [50].

B. Desafios dos EVs no Brasil e sistemas de busca de eletropostos

O Brasil contava com cerca de 4.300 estações de recarga até meados de 2024, número considerado adequado para a frota atual de veículos elétricos, porém com distribuição desigual – concentradas principalmente nas regiões Sul e Sudeste, onde há maior número de EVs [51]. Essa disparidade regional limita a viabilidade dos elétricos em outras áreas e dificulta viagens de longa distância. Além da escassez de infraestrutura, desafios como a predominância de carregadores lentos (em vez de recarga rápida em CC), falta de manutenção, vandalismo e incompatibilidade técnica entre veículos e pontos de recarga exigem maior planejamento por parte dos motoristas [51]. Suavizando o problema e também facilitando a programação principalmente das viagens de longas distâncias, há vários aplicativos de busca que fornecem dados do eletroposto, como por exemplo: localização; padrão de conexão do carregador existente; recarga gratuita ou paga; formas de pagamento aceitas e informações e avaliações de outros usuários acerca da usabilidade do ponto de recarga (infraestrutura de espera, horário de disponibilidade, iluminação, tipo de vaga, etc.). Para mitigar esses problemas, existem aplicativos como *PlugShare* [52], *Google Maps* [53] e soluções

específicas de fabricantes (como o *Tesla Trip Planner* [54]) que auxiliam na localização de eletropostos, fornecendo informações em tempo real sobre disponibilidade, tipo de conector, custos e avaliações de outros usuários. No âmbito tecnológico nacional, destaca-se a estação *Wemob Station* da WEG, com capacidade de até 150 kW e três padrões de recarga, instalada em postos de combustíveis e rodovias [55].

CONCLUSÕES

O mercado brasileiro de veículos elétricos (EVs) segue a tendência global de crescimento, impulsionado por fatores econômicos (redução de custos com combustível) e ambientais (menor emissão de CO₂, desde que a matriz elétrica seja sustentável). Entre as tecnologias de baterias, as de lítio-ferro-fósforo (LFP) destacam-se pelo equilíbrio entre desempenho, segurança, custo e vida útil, tornando-se as preferidas para viabilizar a popularização dos EVs.

É fato, contudo, que há grandes desafios no setor de eletrificação automotiva, podendo-se citar a melhoria da autonomia dos veículos e o elevado custo das baterias que inviabiliza o acesso da tecnologia a classes sociais menos favorecidas economicamente, por exemplo. Além do mais, grandes desafios já se apresentam no setor elétrico devido ao aumento de carga dispendido na disseminação de EVs no mercado, havendo necessidade de investimentos em infraestrutura e novas centrais geradoras de modo a garantir o fornecimento futuro de energia elétrica aos consumidores.

No contexto brasileiro, os desafios inerentes à infraestrutura e à disseminação dos veículos elétricos são significativos. Porém, a partir da implantação de políticas públicas adequadas (alinhadas às metas estabelecidas na COP 28), além da realização de investimentos privados para criação de infraestrutura de recarga ao longo de toda a faixa rodoviária do país, o Brasil pode não apenas acompanhar, mas também liderar a adoção de tecnologias de mobilidade sustentável na América Latina.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo apoio financeiro a este trabalho, concedido via Projeto de Pesquisa APQ-02250-24.

REFERÊNCIAS

- [1] Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, "Seção 1," 2023. [Online]. Disponível: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-contenido/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2023/secao-1>. [Acessado: 6 jun. 2024].
- [2] G1, "CO₂: os gráficos que mostram que mais da metade das emissões ocorreram nos últimos 30 anos." [Online]. Disponível: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/cop-26/noticia/2021/11/08/co2-os-graficos-que-mostram-que-mais-da-metade-das-emissoes-ocorreram-nos-ultimos-30-anos.ghtml>. [Acessado: 10 jun. 2024].
- [3] G1, "COP 28: veja por que acordo histórico tem lado positivo, mas saldo ainda é negativo na luta contra crise do clima," 13 dez. 2023. [Online]. Disponível: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2023/12/13/cop-28-entenda-os-principais-pontos-do-acordo-final.ghtml>. [Acessado: 20 jun. 2024].
- [4] A. Pires, "Qual é o futuro do carro elétrico no Brasil?" Poder360. [Online]. Disponível: <https://www.poder360.com.br/opiniao/qual-e-o-futuro-do-carro-eletrico-no-brasil>. [Acessado: 15 jul. 2024].
- [5] IEA, "Global EV Outlook 2023 – Analysis." [Online]. Disponível: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>. [Acessado: 20 jul. 2024].
- [6] IEA, "Trend in electric cars." [Online]. Disponível: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-cars>. [Acessado: 2 jan. 2025].

- [7] Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), "Dados do mercado de veículos elétricos no Brasil." [Online]. Disponível: <https://abve.org.br/bi-geral/>. [Acessado: 15 jan. 2025].
- [8] Stellantis Media, "Comparativo de Emissões de CO₂ Confirma Vantagens Do Etanol Para Uma Mobilidade Mais Sustentável." [Online]. Disponível: <https://www.media.stellantis.com/br-pt/corporate-communications/press/comparativo-de-emissoes-de-co2-confirma-vantagens-do-etanol-para-uma-mobilidade-mais-sustentavel>. [Acessado: 15 set. 2024].
- [9] Tecnoart Engenharia, "Carros elétricos no Brasil: o cenário atual e as perspectivas futuras." [Online]. Disponível: <https://tecnoartengenharia.com.br/carros-eletricos-no-brasil/>. [Acessado: 15 set. 2024].
- [10] IEC, "IEC 61851-1:2017." [Online]. Disponível: <https://webstore.iec.ch/en/publication/33644>. [Acessado: 15 set. 2024].
- [11] SAE International, "J1772_201710: SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler." Disponível em: https://www.sae.org/standards/content/j1772_201710/. Acesso em: 20/09/2024.
- [12] IEA, "Trends in Electric Vehicle batteries." Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-vehicle-batteries>. Acesso em: 03/01/2025.
- [13] Neo Charge, "Bateria de um veículo elétrico." Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/bateria-veiculo-eletrico>. Acesso em: 03/01/2025.
- [14] Circuit Digest, "A Detailed Comparison of Popular Li-Ion Battery Chemistries Used in Electric Vehicles." Disponível em: <https://circuitdigest.com/article/a-detailed-comparison-of-popular-li-ion-battery-chemistries-used-in-evs>. Acesso em: 03/10/2024.
- [15] M. G. Siqueira, "Desenvolvimento de carregador rápido para veículos elétricos," 2023. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/3865>. Acesso em: 03/10/2024.
- [16] A. Berto, "Você já ouviu falar em ciclo de vida e profundidade de descarga de uma bateria?" Solar Brasil, 05 de julho de 2021. Disponível em: <https://www.solarbrasil.com.br/blog/voce-ja-ouviu-falar-em-ciclo-de-vida-e-profundidade-de-descarga-de-uma-bateria/>. Acesso em: 03/01/2025.
- [17] EV Expert, "Electric Vehicles and Their Batteries." Disponível em: <https://www.evexpert.eu/eshop1/knowledge-center/electric-vehicles-and-their-batteries>. Acesso em: 06/01/2025.
- [18] Power Integrations, "On-board chargers." Disponível em: <https://www.power.com/applications/automotive-solutions/on-board-chargers#:~:text=Power%20levels%20are%20typically%203.6,at%20up%20to%20350%20kW>. Acesso em: 06/01/2025.
- [19] U.S. Department of Transportation, "Charging Speeds." Electric Vehicle Toolkit. Disponível em: <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/charging-speeds>. Acesso em: 06/01/2025.
- [20] Toyota Industries Corporation, "Car Charger." Disponível em: https://www.toyota-industries.com/products/automobile/electronics/car_charger/index.html. Acesso em: 06/01/2025.
- [21] Foxtron Power Solutions, "Depth of Discharge." Disponível em: <https://www.foxtronpowersolutions.com/depth-of-discharge/>. Acesso em: 06/01/2025.
- [22] K. R. Mallon, F. Assadian, e B. Fu, "Analysis of On-Board Photovoltaics for a Battery Electric Bus and Their Impact on Battery Lifespan," Jul. 2017.
- [23] Estadão, "As baterias dos carros elétricos realmente demoram para carregar?" Summit Mobilidade. Disponível em: <https://summitmobilidade.estadao.com.br/carros/as-baterias-dos-carros-eletricos-realmente-demoram-para-carregar/#:~:text=De%20modo%20geral%20C%20o%20mercado>. Acesso em: 08/01/2025.
- [24] Portal Solar, "Reutilização de baterias de veículos elétricos em sistemas de armazenamento de energia deverá possibilitar novo mercado." Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/tecnologia/mobilidade-eletrica/reutilizacao-de-baterias-de-veiculos-eletricos-em-sistemas-de-armazenamento-de-energia-devera-possibilitar-novo-mercado>. Acesso em: 08/01/2025.
- [25] HN Renewable, "Production Line." Disponível em: <https://www.hnrenewable.com/Production-Line>. Acesso em: 08/01/2025.
- [26] R. Felix, "Fabricar carro elétrico é muito diferente de um 'normal'? Veja o que muda," UOL Carros, 15 de junho de 2018. Disponível em: <https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2018/06/15/fabricar-carro-eletrico-e-muito-diferente-de-um-normal-veja-o-que-muda.htm>. Acesso em: 08/01/2025.

- [26] Stellantis Media, "Comparativo de emissões de CO2 confirma vantagens do etanol para uma mobilidade mais sustentável," 10 de janeiro de 2023. Disponível em: <https://www.media.stellantis.com/br-pt/corporate-communications/press/comparativo-de-emissoes-de-co2-confirma-vantagens-do-etanol-para-uma-mobilidade-mais-sustentavel>. Acesso em: 08/01/2025.
- [27] Zecar, "BYD Dolphin Charging Guide," 10 de janeiro de 2024. Disponível em: <https://zecar.com/resources/byd-dolphin-charging-guide>. Acesso em: 08/01/2025.
- [28] Q. Rodas, "Quais são e quanto custam todos os carros da BYD no Brasil," *Quatro Rodas*, 18 de fevereiro de 2024. [Online]. Disponível: <https://quatrorodas.abril.com.br/carros-eletricos/quais-sao-e-quanto-custam-os-carros-da-byd-no-brasil#:~:text=BYD%20Seal%202024%20>. Acesso em: 08 jan. 2025.
- [29] "Volvo Cars," *Volvocars.com*, 2019. [Online]. Disponível: <https://www.volvocars.com>. Acesso em: 08 jan. 2025.
- [30] "New & Used Electric Cars | Tesla," *Tesla*, 2023. [Online]. Disponível: <https://www.tesla.com/inventory/new/ms?arrangeby=plh&range=0>. Acesso em: 08 jan. 2025.
- [31] Tesla, "Model X | Tesla," *Tesla*, 2019. [Online]. Disponível: <https://www.tesla.com/modelx>. Acesso em: 08 jan. 2025.
- [32] Razão Automóvel, "Híbridos plug-in: Vantagens, Desvantagens e Como Funcionam," *Razão Automóvel*. [Online]. Disponível: <https://www.razaoautomovel.com/autopedia/hibridos-plug-in-vantagens-desvantagens-como-funcionam>. Acesso em: 09 jan. 2025.
- [33] Hyundai, "Híbrido Plug-in," *Hyundai*. [Online]. Disponível: <https://www.hyundai.com.br/universo-hyundai/dicas/hibrido-plug-in.html>. Acesso em: 09 jan. 2025.
- [34] Hyundai, "Diferença entre Híbrido e Plug-in," *Blue Academy Hyundai*. [Online]. Disponível: <https://blueacademy.hyundai.pt/artigo/diferenca-hibrido-e-plug-in/>. Acesso em: 09 jan. 2025.
- [35] Siemens, "Carros elétricos: como funcionam, vantagens e tipos," *Siemens*. [Online]. Disponível: <https://www.siemens.com/br-pt/empresa/stories/cidades/carros-eletricos-como-funcionam-vantagens-e-tipos.html>. Acesso em: 09 jan. 2025.
- [36] Ford, "Modo de condução com apenas um pedal: One Pedal Drive," *Guia 360 Ford*. [Online]. Disponível: <https://www.guia360ford.com.br/bev/2023-mustang-mach-e-gt-performance-eletrico/characteristics/modo-de-conducao-com- apenas-um-pedal-one-pedal-drive>. Acesso em: 09 jan. 2025.
- [37] Mobilidade Hoje, "Carros elétricos a bateria," *Mobilidade Hoje*. [Online]. Disponível: <https://www.mobilidadehoje.com.br/carros-eletricos-a-bateria/>. Acesso em: 09 jan. 2025.
- [38] Alternative Fuels Data Center, "How do Fuel Cell Electric Cars Work," *U.S. Department of Energy*. [Online]. Disponível: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work>. Acesso em: 09 jan. 2025.
- [39] J.D. Power, "How a Fuel Cell Vehicle Works," *J.D. Power*. [Online]. Disponível: https://www.jdpower.com/cars/shopping-guides/how-a-fuel-cell-vehicle-works?srsId=afmboop-v-hobfa6gtjrkcucp1awwp70ru3b8s3xprkehjbrdfefh_7t. Acesso em: 09 jan. 2025.
- [40] BMW Group, "Pioneiros do hidrogênio: BMW Group e Toyota Motor Corporation aumentam parceria para oferecer opções de veículos elétricos movidos a célula de combustível FCEV para carros de passeio," *BMW Group*. [Online]. Disponível: <https://www.press.bmwgroup.com/brazil/article/detail/T0444878PT/pioneiros-do-hidrog%C3%AAnio-bmw-group-e-toyota-motor-corporation-aumentam-parceria-para-oferecer-op%C3%A7%C3%B5es-de-ve%C3%ADculos-el%C3%A9tricos-movidos-a-c%C3%A9lula-de-combust%C3%ADvel-fcev-para-carros-de-passeio?language=pt>. Acesso em: 09 jan. 2025.
- [41] EvoCharge, "The Difference Between Level 1 & 2 EV Chargers," *EvoCharge*. [Online]. Disponível: <https://evocharge.com/resources/the-difference-between-level-1-2-ev-chargers/>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- [42] Mida EVSE, "EV Chargers, Cables, and Connectors for Electric Car Charger," *Mida EVSE*. [Online]. Disponível: <https://www.midaevse.com/news/ev-chargers-cables-and-connectors-for-electric-car-charger/>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- [43] NeoCharge, "Tudo sobre: Tipo de Conector de Veículo Elétrico," *NeoCharge*. [Online]. Disponível: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/tipo-conector-veiculo-eletrico?srsId=AfmBOorYSsi5loP7Hp2lh6dBaQTo23HHZvxQPASf88X0ji2hoEB5cGh>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- [44] Renhotec EV, "EV Charging Connector Types Worldwide," *Renhotec EV*. [Online]. Disponível: <https://www.renhotecv.com/blog/ev-charging-connector-types-worldwide.html>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- [45] BESEN Group, "EV Charging Connector Types," *BESEN Group*. [Online]. Disponível: <https://www.besen-group.com/ev-charging-connector-types/>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- [46] EV Charger, "32A/48A SAE J1772 Type 1 EV Plug Connector," *EV Charger*. [Online]. Disponível: <https://evcharger.en.made-in-china.com/product/IOZQAFsvLrWT/China-32A-48A-SAE-J1772-Type-1-EV-Plug-Connector.html>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- [47] ABB, "Carros Elétricos," *ABB*. [Online]. Disponível: https://loja.br.abb.com/blog/post/carros-eletricos?srsId=AfmBOopH-KXijcaOYBL-DULMgWbq0Nc2Kx866heLXo8FCDD_gjfeCJTM. Acesso em: 10 jan. 2025.
- [48] R. Clifford, "Why the EV boom could put a major strain on our power grid," *CNBC*, 1 de julho de 2023. [Online]. Disponível: <https://www.cnbc.com/2023/07/01/why-the-ev-boom-could-put-a-major-strain-on-our-power-grid.html>. Acesso em: 13 jan. 2025.
- [49] Universidade Federal do Pampa, "Repositório Institucional UNIPAMPA," *UNIPAMPA*. [Online]. Disponível: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/rii/948>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- [50] T. White, "California's grid faces collapse as leaders push renewables, electric vehicles, experts say," *Fox News*, 9 de setembro de 2022. [Online]. Disponível: <https://www.foxnews.com/politics/californias-grid-faces-collapse-leaders-push-renewables-electric-vehicles-experts-say>. Acesso em: 13 jan. 2025.
- [51] "Infraestrutura de recarga: desafio para o Brasil," *Mobilidade Estadão*. [Online]. Disponível: <https://mobilidade.estadao.com.br/resolver/infraestrutura-de-recarga-desafio-para-o-brasil/>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- [52] PlugShare. [Online]. Disponível: <https://www.plugshare.com/>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- [53] "Usar os recursos do Google Maps integrado ao seu veículo elétrico - Ajuda do Google Maps," *Google.com*, 2019. [Online]. Disponível: <https://support.google.com/maps/answer/9773205?hl=pt-BR>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- [54] Tesla Trips. [Online]. Disponível: <https://www.tesla.com/trips>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- [55] "Estação de recarga para veículos elétricos," *WEG*. [Online]. Disponível: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Infraestrutura-para-Mobilidade->. Acesso em: 15 jan. 2025.