

**CENTRO PAULA SOUZA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Mecânica Automobilística

**Erick Sasso Santos
Lucas Guilherme Da Silva
Ricardo Mascarenhas Souza**

**ESTUDO DE CASO SOBRE A APLICAÇÃO DE ÁREAS
VERDES: SISTEMAS DE RECARREGADORES DE
VEÍCULOS ELÉTRICOS EM CENTROS URBANOS E
RODOVIAS.**

Santo André

2023

Erick Sasso Santos
Lucas Guilherme Da Silva
Ricardo Mascarenhas Souza

**ESTUDO DE CASO SOBRE A APLICAÇÃO DE ÁREAS
VERDES: SISTEMAS DE RECARREGADORES DE
VEÍCULOS ELÉTRICOS EM CENTROS URBANOS E
RODOVIAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso entregue à
Fatec Santo André como requisito parcial para
obtenção do título de Tecnólogo em Mecânica
Automobilística.

Orientador: Prof. MSc. Adriano Ribolla

Santo André
2023

S237e

Santos, Erick Sasso

Estudo de caso sobre a aplicação de áreas verdes: sistemas de recarregadores de veículos elétricos em centros urbanos e rodovias / Erick Sasso Santos, Lucas Guilherme da Silva, Ricardo Mascarenhas Souza. - Santo André, 2023. – 108f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Mecânica Automobilística, 2023.

Orientador: Prof.º MSc. Adriano Ribolla

1. Mecânica. 2. Estudo de caso. 3. Veículos elétricos. 4. Veículo híbridos. 5. Estações de recarga. 6. Tecnologia. 7. Infraestrutura. 8. Brasil. 9. Áreas verdes. 10. Centros urbanos. 11. Rodovias. I. Silva, Lucas Guilherme da. II. Souza, Ricardo Mascarenhas. III. Estudo de caso sobre a aplicação de áreas verdes: sistemas de recarregadores de veículos elétricos em centros urbanos e rodovias.

629.2

LISTA DE PRESENÇA

Santo André, 14 DE JUNHO DE 2023

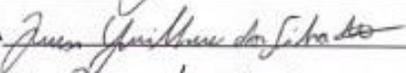
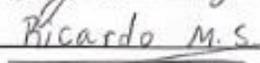
LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA: "ESTUDO DE CASO SOBRE A APLICAÇÃO DE ÁREAS VERDES: SISTEMAS DE RECARREGADORES DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EM CENTROS URBANOS E RODOVIAS" DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. ADRIANO RIBOLLA 

MEMBROS:

PROF. JHONNY FRANK SOUSA JOCA PROF. FERNANDO GARUP DALBO **ALUNOS:**ERICK SASSO SANTOS LUCAS GUILHERME DA SILVA RICARDO MASCARENHAS SOUZA 

RESUMO

Será abordado o assunto da disponibilidade de recarregadores para veículos elétricos e eletrificados disponíveis em áreas urbanas e rodoviárias a fim de prever melhoras na infraestrutura de recarga de veículos elétricos que possuímos no Brasil atualmente, uma vez que também não há estradas adequadas e tão pouco, estações de recarga acessíveis a todos até o momento. No estudo a seguir discutiremos sobre como proporcionar soluções adaptativas das estruturas urbanas atuais para facilitar o processo e trajeto, que o proprietário de um veículo automotor, de propulsão híbrida ou estritamente elétrica, necessitaria realizar para conseguir recarregá-lo, e com isso proporcionar uma introdução às mudanças necessárias em infraestruturas das malhas de energia elétrica e rodoviária para a adaptação de espaços públicos a serem ocupadas por áreas de recarga, com o intuito de incentivar a escolha à compra de automóveis de motores alternativos aos de combustão interna e assim possibilitar uma aceitação maior do público com poder aquisitivo para tais produtos, reduzir emissões de poluentes em centros urbanos, unificar e catalogar uma gama de modelos de carregadores de automóveis elétricos e híbridos afim de proporcionar padrões de utilização relacionados a conectores e recarregadores de empresas que fornecem tais serviços, evitar atos de vandalismo a postos de recarregamento elétricos que ficam expostos ao ambiente urbano e melhorar o cotidiano da população dependente de automóveis com essa configuração de propulsão que, adaptando-se ao modelo de áreas verdes e recarregamento em cidades e vias rodoviárias, estenderão o alcance de veículos elétricos e híbridos hoje limitados por suas respectivas autonomias.

Palavras-chave: Veículos elétricos e híbridos. Infraestrutura. Área Verde. Estacionamento. Adaptação de infraestrutura.

ABSTRACT

The subject to be addressed will be the availability of charging stations for the electric vehicles accessible in urban areas and highways, in order to predict improvements of the electric vehicle recharging infrastructure that Brazil currently possesses, since there are neither suitable roads, nor accessible charging stations to all even at the moment. In the following study we shall discuss how to provide adaptive solutions for current urban structures to facilitate the access and proceedings that the owner of an automotive vehicle, in the case of hybrid or strictly electric propulsion, would need to carry out in order to be able to recharge it, and therefore providing an introduction to necessary changes in the electric energy and roadway networks to be occupied by recharging areas with the aim of incentivizing a more adaptive environment for automobiles with alternative engines to the internal combustion ones and thus enable a greater acceptance by the public that can afford such products, reduce pollutant emissions in urban centers, unify and catalog the range of electric and hybrid automotive charging models in order to provide usability standards related to chargers and connectors companies that provide such services, prevent vandalism acts towards recharging stations that are exposed to the urban environment and to improve the daily life of the car-dependent population with this propulsion configuration, which being adapted to the green areas model and recharging in cities and highways will extend the range of electric and hybrid vehicles currently limited by their respective charging range.

Keywords: *Electric and hybrid vehicles. Infrastructure. Green area. Parking. Infrastructure adaptation.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Gurgel Itaipu, o primeiro veículo elétrico brasileiro	22
Figura 02: Veículos elétricos utilizando carregadores nas ruas.	24
Figura 03: <i>La Jamais Contente</i>	25
Figura 04: Lunar roving vehicle.....	26
Figura 05: Tesla Roadster 2009 em frente a turbinas eólicas	27
Figura 06: Bateria de chumbo ácido desenvolvida por Gaston Planté (1860)	28
Figura 07: Bateria de níquel de cádmio (1899).....	28
Figura 08: Tipos de formatos de células de baterias de íon de lítio	29
Figura 09: Bateria de íon de lítio prismática utilizada no Lexus UX 300e	30
Figura 10: Protótipos Panasonic de baterias cilíndrica de íons de lítio de alta capacidade para carros elétricos.....	31
Figura 11: Bateria de íon de lítio da Tesla	32
Figura 12: Motor CC.....	33
Figura 13: Motor de indução	34
Figura 14: Tesla <i>Model S Plaid</i>	36
Figura 15: Toyota RAV4 <i>Hybrid</i>	36
Figura 16: Mahindra <i>Reva e20</i>	37
Figura 17: Motor síncrono de ímã permanente.....	37
Figura 18: Toyota Prius	38
Figura 19: Nissan Leaf	39
Figura 20: Kia Soul EV	39
Figura 21: BMW i3.....	40
Figura 22: <i>Plate motor</i>	41
Figura 23: Configuração de motor único.....	41
Figura 24: Configuração de motor duplo	42
Figura 25: Configuração de motor na roda	42
Figura 26: Freio regenerativo.....	43
Figura 27: Ilustração de bonde elétrico de Newcastle na Inglaterra em 1903	44
Figura 28: Porsche Taycan	45

Figura 29: Mapa do Sistema elétrico brasileiro.....	46
Figura 30: Matriz elétrica mundial	47
Figura 31: Matriz elétrica brasileira	48
Figura 32: Estados brasileiros e suas políticas em relação a cobrança de IPVA quanto a veículos híbridos e elétricos.....	50
Figura 33: Localização dos eletropostos ao longo da BR-277	51
Figura 34: Carregador de emergência.....	61
Figura 35: Carregador portátil.....	62
Figura 36: Realização de carga com <i>wallbox</i>	64
Figura 37: Realização de carga com carregador comercial	65
Figura 38: Estação de carga rápida.....	67
Figura 39: Recarregamento de bateria elétrica sem fio no Renault Kangoo	68
Figura 40: Estrutura WPTS	69
Figura 41: Representação de sistemas Capacitivos e Indutivos.....	69
Figura 42: Ilustração da rota da energia em um automóvel elétrico recarregado de forma sem fio e capacitiva.....	70
Figura 43: Rua com faixa dedicada ao recarregamento dinâmico por carga indutiva. ..	71
Figura 44: Padrões Tipo 1 (SAE J1772) e Tipo1 combinado CCS1	73
Figura 45: Padrões tipo 2 (IEC 62196) e tipo 2 combinado CCS2.....	74
Figura 46: Padrões GB/T 20234 e GB/T 20234 DC	75
Figura 47: Padrão CHAdeMO	76
Figura 48: Padrão Tesla.....	77
Figura 49: Tomada de um veículo padrão Tesla	77
Figura 50: Conectores padrão residencial	78
Figura 51:Tipicas funções para a implementação da infraestrutura de recarga à veículos elétricos	80
Figura 52: Aplicativo <i>plugshare</i>	82
Figura 53: Estacionamento com placas fotovoltaicas retráteis.	84
Figura 54: Características de recarregamento público urbano	85
Figura 55: Exemplo de esquema para ponto de recarga em estacionamento de vagas perpendiculares com canteiro perpendicular	86

Figura 56: Carregadores para vagas de estacionamento perpendiculares, com canteiro paralelo.....	86
Figura 57: Recarregador tipo pop-up.....	87
Figura 58: Renderização do design de carregador na calçada para vagas paralelas da cidade de Seattle-EUA.....	88
Figura 59: Carregador da <i>National grid</i>	89
Figura 60: Pontos de recarregamento na cidade de Seattle do Projeto <i>Curbside level 2</i>	90
Figura 61: Ilustração de requerimentos mínimos de distância para a instalação de carregadores em Seattle-EUA	91
Figura 62: Teste de recarga sem fio indutiva realizada pela Volvo.....	92
Figura 63: Princípio esquemático da infraestrutura elétrica e soluções de TIC relacionadas à operação de carregamento indutivo dinâmico na estrada	93
Figura 64: Renault Zoe e pontos de recarga sem fio em processo de instalação	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Vendas/emplacamentos de VEs no Brasil - 2012 a dezembro de 2022.....	23
Quadro 02: Vantagens e desvantagens do motor CC.....	34
Quadro 03: Vantagens e desvantagens do motor CA.....	35
Quadro 04: Vantagens e desvantagens do motor síncrono de ímã permanente.....	38
Quadro 05: Vantagens e desvantagens do motor de relutância.....	40
Quadro 06: Barreiras de produtos e serviços para pontos de recarga.....	53
Quadro 07: Barreiras de métodos de monetização e modelos de receita.....	54
Quadro 08: Barreiras tecnológicas.....	55
Quadro 09: Barreiras de regulação e normas.....	57
Quadro 10: Outros fatores que também são barreiras.....	59
Quadro 11: Três conceitos de utilização distintos para carregadores de veículos híbridos e elétricos.....	82
Quadro 12: Custo de investimento por tipo de eletroposto, com dólar comercial de valor igual a R\$ 4,7362 no momento da pesquisa.....	95
Quadro 13: Aplicação de recarregadores determinada pela área.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Energia hidráulica no Brasil (GWh).....	49
--	----

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA

A	Ampére, unidade de medida da corrente elétrica
ft	Pé, unidade de medida
GWh	Gigawatt-hora, unidade de energia
km	Quilômetros, unidade de comprimento
km/h	Quilômetros por hora, unidade de velocidade
kW	Kilowatt, medida de potência
kWh	Kilowatt-hora, medida de energia elétrica consumida
m	Metro, unidade de comprimento
mm	Milímetro, unidade de comprimento
RPM	Rotações por minuto, unidade de velocidade angular
V	Volts, unidade de medida de tensão elétrica

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação brasileira de normas técnicas;
ABVE	Associação brasileira do veículo elétrico;
ANEEL	Agência nacional de energia elétrica;
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores;
BEN	Balanço energético nacional brasileiro;
BEV	Veículos elétricos 100% a bateria;
BMW	<i>Bayerische Motoren Werke</i> , fabricante automobilística alemã;
BR	Brasil;
BYD	<i>Build your dreams</i> , conglomerado chinês de capital aberto;
CA	Corrente Alternada;
CC	Corrente Contínua;
CCS	Sistema de carregamento combinado;
CCS1	Sistema de carregamento combinado tipo 1;
CGH	Centrais geradoras hidrelétrica;
CHAdemo	<i>Charge de move</i> ;
CLP	Controlador lógico programável;
CNAE	Classificação nacional de atividades econômicas;
COPEL	Companhia paranaense de energia;
CO ₂	Dióxido de carbono, produto químico;
DC	<i>Direct current</i> ;
ECU	Electronic control unit;
EPE	Empresa de pesquisa energética;
EV	<i>Full electric vehicle</i> ;
EVSE	<i>Electric vehicle supply equipment</i> ;
GB/T	GuoBiao/TuiJian;
GIZ	<i>Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i> ;
GPRS	<i>General packet radio services</i> ;
GSM	<i>Global system for mobile communication</i> ;
HEV	Veículos elétricos híbridos;

ICMS	Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços;
IEA	Agência internacional de energia;
IEC	<i>International electrotechnical commission;</i>
INMETRO	Instituto nacional de metrologia, qualidade e tecnologia;
IPI	Imposto sobre produtos industrializados;
IPVA	Imposto sobre propriedade de veículo automotor;
JAC	<i>Jianghuai Automobile co.;</i>
KERS	<i>Kinetic energy recovery system;</i>
LAN	<i>Local area network;</i>
LASER	<i>Light amplification by stimulated emission of radiation;</i>
NASA	<i>National aeronautics and space administration.</i>
NBR	Norma brasileira;
NR	Norma regulamentadora;
OCPP	<i>Open charge point protocol;</i>
ONU	Organização das nações unidas;
PCH	Pequena central hidrelétrica;
PHEV	Veículos elétricos híbridos <i>plug-in;</i>
PRM	<i>Porsche Recuperation Management;</i>
SAE	<i>Society of automotive engineers;</i>
TIC	Tecnologia de informações e comunicações;
UHEs	Usinas hidrelétricas de grande porte;
VE	Veículo eletrificado;
V2G	<i>Vehicle-to-grid;</i>
V2I	<i>Vehicle-to-infrastructure;</i>
V2V	<i>Vehicle-to-vehicle;</i>
V2X	<i>Vehicle-to-everything;</i>
WLAN	<i>Wireless local area network;</i>
WPTS	<i>Wireless power transfer system;</i>

Sumário

1 Introdução	19
1.1 Objetivo.....	20
1.2 Motivação.....	20
2 O Veículo elétrico no brasil e no mundo	21
2.1 Evolução dos veículos elétricos.....	24
2.2 Tecnologia presente nos veículos elétricos.....	27
2.3 Bateria.....	28
2.4 Motor elétrico	32
2.5 Freio regenerativo.....	42
3 Matriz elétrica brasileira	45
4 Desafios e possibilidades no território brasileiro	49
4.1 Dificuldades em produtos e serviços para pontos de recarga	53
4.2 Métodos de monetização e modelos de receita	54
4.3 Barreiras tecnológicas	55
4.4 Regulação e normas atuais	56
4.5 Regulação e normas futuras.....	57
4.6 Outros fatores	58
5 Modelos de carregadores	60
5.1 Carregador de emergência.....	60
5.2 Carregador portátil	62
5.3 Carregador residencial ou wallbox	63
5.4 Carregador comercial ou parking	64
5.5 Estação de carga rápida CC (Fast charger DC)	66
5.6 Carregador wireless.....	67

6. Modelos de conectores	72
6.1 Tipo 1 (SAE J1772).....	72
6.2 Tipo 2 (IEC 62193).....	73
6.3 GB/T 20234.....	74
6.4 CHAdeMO.....	75
6.5 Tesla	76
6.6 Conector de 3 ou 5 pinos.....	78
7. Modos de aplicação em áreas verdes.....	79
7.1 Recarga pública urbana estática em estacionamentos.....	84
7.2 Recarga pública urbana estática em ruas (calçadas)	87
7.3 Recarga pública urbana dinâmica em faixas dedicadas	92
8. Custos de estações de carga.....	94
9. Legislações vigentes em território nacional.....	95
10. Conclusão	96
10.1 Propostas futuras.....	98
11. Referências.....	100

1 Introdução

Gottlieb Daimler e Wilhelm Maybach instalaram seu motor em uma diligência em 1886, criando o primeiro veículo com motor a gasolina de quatro rodas a atingir 16 km/h (CHAPMAN, 2011, p. 10). O automóvel surgiu no século XIX, entretanto, este modo de propulsão não foi solidificado como definitivo na época, o que levou fabricantes (mais comparáveis com artesãos do que indústrias de larga escala) a experimentar e aperfeiçoar métodos de propulsão com variáveis níveis de sucesso. A propulsão elétrica foi experimentada e obteve relativo sucesso com a Electric Vehicle Company, que em 1900 vendeu 1.575 unidades de veículos elétricos nos Estados Unidos, comparando-se com a venda total de veículos naquele ano de 4.192 veículos, mais de 37,51% eram de propulsão elétrica. Entretanto, com o surgimento da linha de produção na Ford Motor Company, que reduziu significativamente o custo de produção do Model T e com isso o custo de venda do veículo, obteve enorme sucesso de vendas e tornou o automóvel com propulsão de combustão interna mais conveniente para maior parcela da população mundial. Experimentos e desenvolvimentos de veículos de propulsão híbrida (elétrica combinada a combustão) e elétrica continuaram, de forma experimental e em baixa escala. Graças a legislações primeiramente introduzidas nas décadas de 60 e 70, tais como a lei federal estadunidense nominada The clean air act de 1963 (EPA, 2022), e no Brasil com a Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975 (Portal da Câmara dos Deputados, s.d.), e subsequentemente, leis mais contemporâneas aplicadas nas últimas duas décadas, devido a poluição e efeitos de mudanças climáticas mundiais, o full electric vehicle (EV), veículo puramente elétrico, voltou a ter atenção de fabricantes e compradores devido ausência de emissões poluentes durante a vida útil do veículo. Levando-se em conta o grande avanço na tecnologia dos veículos elétricos ao redor do mundo chegamos à pergunta de se o Brasil de agora está pronto para essa nova etapa e foi decidido abordar um dos pontos mais críticos, a infraestrutura para as recargas. Atualmente nosso país possui distribuição desigual de pontos de recarga em relação ao território nacional. De acordo com Fromer (2022), “ Pelos cálculos da Associação brasileira do veículo elétrico (ABVE), o Brasil já tem mais de 2.800 eletropostos públicos

e semipúblicos em operação, afora a rede de recarga privada das concessionárias de veículos elétricos”, essa quantidade, apesar de expressiva, ainda é relativamente pequena e mal distribuída quando analisamos que até maio de 2022, 10 estados brasileiros (Roraima, Rondônia, Acre, Tocantins, Amapá, Maranhão, Pará, Amazonas, Sergipe e Mato Grosso do Sul) caracterizados pela infraestrutura rodoviária defasada, não possuíam sequer uma estação de recarga, enquanto o estado de São Paulo concentrava 47% de todos os eletropostos do país (Umpieres, 2022).

1.1 Objetivo

O objetivo desse trabalho é trazer propostas para o problema da falta de pontos de carregamento para automóveis de propulsão elétrica e/ou híbrida, por meio da implantação das chamadas “Áreas Verdes”: áreas de vagas para estacionamentos públicos e privados que poderão ser utilizadas tanto em cidades quanto em vias rodoviárias, para evitar uma eventual escassez de pontos de reabastecimento de veículos elétricos.

1.2 Motivação

Segundo Além e Giambiagi (2010, p. 25) “O Brasil, como poucas economias, tem um grande número de oportunidades de investimento com alto retorno e baixo risco de demanda, notadamente nas infraestruturas e na grande cadeia de petróleo e gás.”.

O resultado desse fenômeno é a existência de diversas redes de distribuição de insumos à população que são insuficientes e/ou ineficazes em termos de abastecimento organização e qualidade, mesmo com uma grande quantidade de recursos naturais, mão de obra e tecnologia.

A fim de evitar que o mesmo ocorra com o futuro meio de abastecimento do veículo eletrificado (VE), que em alguns países como Islândia e Noruega (um país auto sustentável em gás natural e petróleo) são a maior parcela do mercado de carros novos e que obtiveram crescimento na participação do mercado em 2022, a Noruega por exemplo teve 79,3% de vendas de veículos novos representas por EVs, comparado com o resultado de 2021 em que os EVs representavam 64,5% do mercado Norueguês de

veículos zero km (Thronsen, 2023), decidiu-se idealizar formas de como adequar espaços públicos para possibilitar a fácil recarga de veículos com células elétricas de energia, utilizando carregadores de VEs de tipos variados de acordo com as características do ambiente.

Com isso existe ainda a possibilidade de facilitar ainda mais o acesso a população brasileira a pontos de recarga elétrica para automóveis, assim visando a um aumento do número de veículos elétricos e híbridos no mercado, que ainda se mantém baixo em relação a outros países que ainda utilizam em sua maioria combustíveis fósseis não só na matriz energética, mas também, na matriz elétrica.

2 O Veículo elétrico no Brasil e no mundo

O primeiro carro elétrico no Brasil surgiu como protótipo em 1974, e em 1981 começou a ser produzido e vendido pela Gurgel Motores, um compacto com capacidade de 2 ocupantes Pereira (2007, p. 34), chamado de Gurgel Itaipu E150, mostrado na Figura 01, em referência a usina hidroelétrica localizada na fronteira entre Brasil e Paraguai. O motor tinha apenas 13,6 cv, quatro marchas e podia chegar a 80km/h, com autonomia máxima de 127 km no uso urbano. Os modelos Itaipu E-400 e Itaipu E-500 (entre eixos maior, que o E-400), furgões utilitários, com a mesma motorização duraram pouco tempo no mercado devido a motorização pouco potente, autonomia e elevado custo, passando a se chamar G-800 e com motor a combustão Pereira (2007, p. 35).

Figura 01: Gurgel Itaipu, o primeiro veículo elétrico brasileiro



Fonte: (DE BARI, 2007)

Desde então, o mundo passou por diversas mudanças, dentre as principais, as tecnológicas. Carros elétricos contemporâneos são potentes, tem autonomia comparável com as de veículos motorizados a combustíveis fósseis, e apesar de um custo mais elevado, estão se tornando cada vez mais populares. Em 2022, conforme mostrado no Quadro 01, o Brasil teve um aumento de 41% nas vendas de veículos eletrificados incluem veículos elétricos híbridos (HEV) + veículos elétricos híbridos plug-in (PHEV) + veículos elétricos 100% a bateria (BEV). Automóveis + comerciais leves (não inclui ônibus, caminhões e veículos elétricos levíssimos) em comparação ao ano anterior, 2021 este por sua vez, já mostrou um crescimento de quantidade de vendas de 77,21% em relação à 2020 (POLESI, 2023). Esse crescimento em número de vendas, que fez com que o Brasil superasse a quantidade de 100 mil VEs vendidos em território nacional, está associado ao crescimento da variedade do veículo no mercado brasileiro, que no início de 2022 possuía 70 modelos diferentes de automóveis no ramo, e em dezembro esse número saltou para 128, e isso em si foi um novo recorde na história do automóvel no Brasil (POLESI, 2023). Contudo, nosso país ainda possui um grande problema: a disponibilidade de uma infraestrutura capaz de suportar esse crescimento numérico.

Quadro 01: Vendas/emplacamentos de VEs no Brasil - 2012 a dezembro de 2022

Vendas/emplacamentos de veículos eletrificados (VEs) no Brasil - 2012 a dezembro de 2022													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Ano
2012	9	16	7	3	13	23	5	3	2	2	18	16	117
2013	45	22	53	50	12	29	65	45	23	39	52	56	491
2014	93	61	65	53	94	52	61	79	71	53	87	86	855
2015	72	56	61	73	72	74	74	100	82	55	65	62	846
2016	58	64	60	137	41	91	48	59	79	93	159	202	1.091
2017	178	157	227	176	208	238	268	627	384	243	240	350	3.296
2018	272	254	367	367	302	382	262	262	286	405	374	437	3.970
2019	370	287	336	290	357	716	960	867	1.264	1.989	2.013	2.409	11.858
2020	1.568	2.053	1.570	442	601	1.334	1.668	1.943	2.113	2.273	2.231	1.949	19.745
2021	1.321	1.389	1.872	2.708	3.102	3.507	3.625	3.873	2.756	2.787	3.505	4.545	34.990
2022	2.558	3.435	3.851	3.123	3.387	4.073	3.136	4.249	6.391	4.460	4.995	5.587	49.245
TOTAL													126.504

Fonte: (POLESI, 2023)

De acordo com Fromer (2022), “Pelos cálculos da ABVE, o Brasil já tem mais de 2.800 eletropostos públicos e semipúblicos em operação, afóra a rede de recarga privada das concessionárias de veículos elétricos”. Esse número, apesar de expressivo, ainda está distante da quantidade de postos revendedores de combustíveis para automóveis de combustão interna.

A implantação de um novo sistema para recargas se mostra um grande problema atualmente, inclusive em relação a velocidade do desenvolvimento e distribuição de equipamentos. Atualmente múltiplas multinacionais fabricantes de automóveis apresentaram modelos de carregadores desenvolvidos em parceria com outras empresas, o carregador da *Bayerische Motoren Werke* (BMW) por exemplo, consegue uma carga completa em até 40 minutos. A falta de pontos de recargas em rodovias também se mostra um ponto crítico, visando que o estimado é que haja uma a cada 120 km, dando ao motorista uma maior oportunidade de carregamento, mas novamente a velocidade de recarga ainda é um grande desafio.

É estimado que os veículos elétricos representarão 12% a 22% da frota nacional em 2030, e dependendo dos cenários previstos no estudo, de 32% a 62% em 2035. Os pesados terão sua parcela de novas tecnologias, porém em menores números: 10% a 26% do mix em 2030, e de 14% a 32% em 2035 (ANFAVEA, 2021).

A implantação de Áreas verdes, um novo tipo de vaga inteligente em que o usuário poderá efetuar sua recarga com uso de um *Fast Charger* (Carregador rápido) DC, ou carregadores ultrarrápidos, que fornecem dois tipos de saída, corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA), trabalhando com um modo de recarga nível 3, fornecendo de

40 a 60 kilowatt (kW) em CC e podendo chegar a 400 kW em CA, carregando o veículo em poucos minutos. O projeto contará com esse tipo de carregador espalhado primeiramente nas cidades com maior demanda e prosseguindo para as que estão com a maior falta, incluindo pontos em rodovias, facilitando muito o acesso ao condutor do veículo durante sua viagem. A recarga funcionará similar aos postos de combustíveis do exterior, o usuário efetuará o pagamento, ou pela própria estação ou pelo aplicativo vinculado ao veículo e só assim poderá utilizar a recarga. Abaixo, exposto na Figura 02, demonstra-se um exemplo da utilização dos carregadores.

Figura 02: Veículos elétricos utilizando carregadores nas ruas.



Fonte: (PULLAN, 2021)

Desta forma, iremos suprir as diversas necessidades e problemas que estamos enfrentando atualmente na infraestrutura, como a falta de postos e a velocidade de recarga deles.

2.1 Evolução dos veículos elétricos

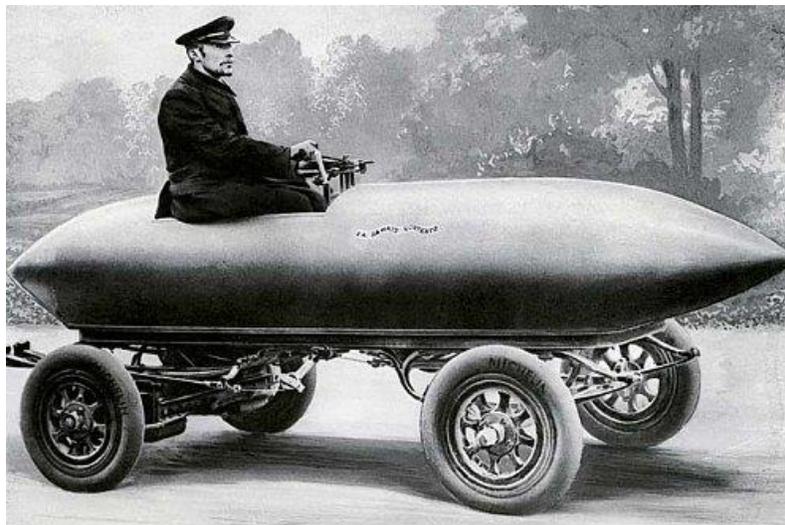
Há dois séculos foi dado início aos veículos elétricos, bem antes da criação dos veículos a combustão, os veículos elétricos foram criados em meados de 1828 por Ányos

Jedlik, que criou o primeiro motor elétrico, ele foi de extrema ajuda para as evoluções que ainda estavam por vir (CORVINUS LIBRARY, 2012).

Em 1834 Thomas Sibrandus Stratingh e seu assistente Christopher Becker criaram um carro elétrico em pequena escala, movido a células primárias que não eram recarregáveis, logo, serviam apenas para um simples uso.

Em 1899 já houve um imenso avanço no quesito locomoção: o carro elétrico *La Jamais Contente*, conforme Figura 03, consegue ultrapassar os 100 km/h em uma competição de subida de morro com automóveis utilizando as três formas de propulsão disponíveis na época: motor de combustão interna, motor elétrico e motor a vapor, o primeiro automóvel na história a conseguir a proeza (Purdy, K; G. Foster, s.d.).

Figura 03: *La Jamais Contente*



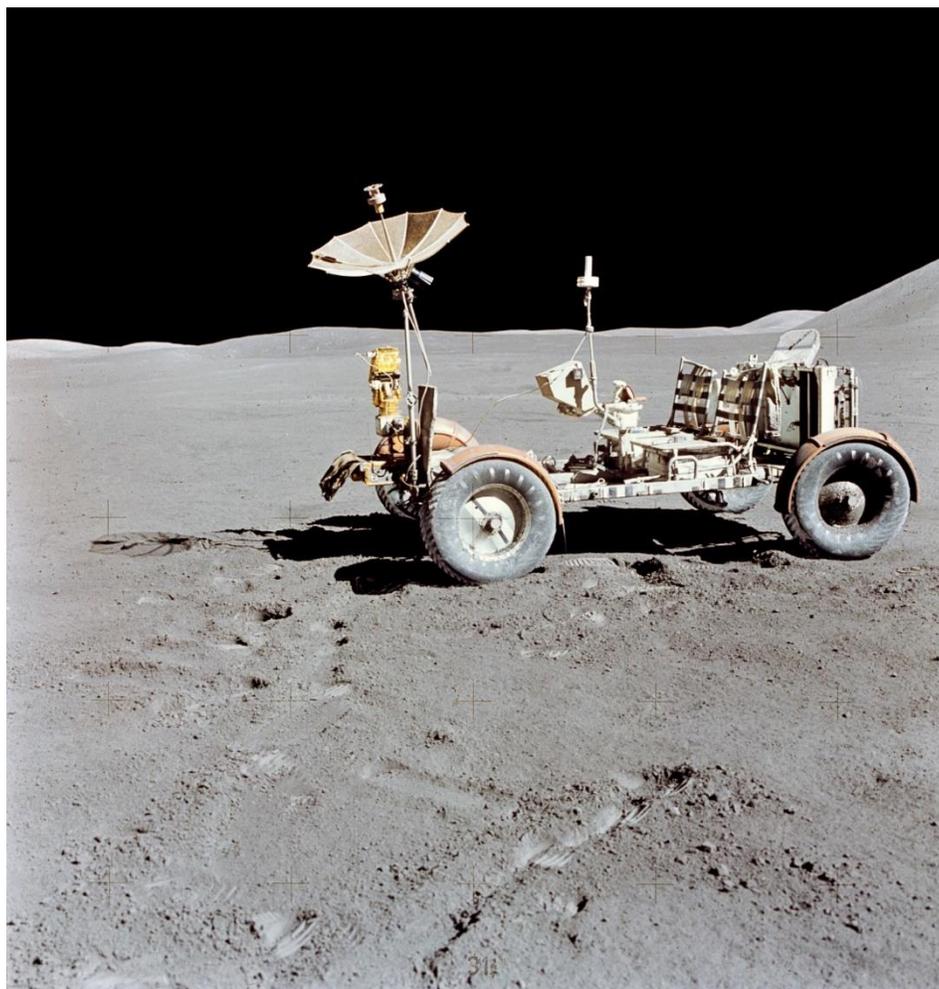
Fonte: (PITTORESQUE, 1899)

Enquanto as pessoas já estavam se acostumando com essa tecnologia de veículos, surge uma nova descoberta, o petróleo, que levou a uma grande disponibilidade de gasolina por preços mais acessíveis, gerando um declínio nos veículos elétricos.

Em 1959, quando a União Soviética lança uma sonda que consegue tirar fotos do lado oculto da Lua pela primeira na história, surge uma ideia na *National aeronautics and space administration* (NASA) de aterrissar na Lua, e daí, teve-se a ideia de

desenvolver um veículo elétrico movido a bateria de carregamento automático para possibilitar transporte rápido na superfície lunar. Felizmente a ideia não ficou só no papel, e em 26 de julho de 1971 o *Lunar Roving Vehicle*, mostrado na Figura 04, fabricado pela Boeing é enviado a lua nas missões Apollo 15,16 e 17. Como não podiam ser trazidos de volta, os veículos utilizados nas missões ainda estão na superfície da Lua (BOEING, s.d.).

Figura 04: Lunar roving vehicle



Fonte: (WILLIAMS,2016)

Em 2003 e 2004 temos uma grande mudança nos carros elétricos: o surgimento da Tesla Motors, que já em 2004 começou a criar protótipos de um esportivo para dois ocupantes que eventualmente possuiria propulsão elétrica e bateria de íon-lítio, com

chassi fornecido pela Lotus Cars. Segundo Barbara e Schreiber (2023, tradução nossa) “Em 2008, a Tesla *Motors* lançou seu primeiro carro, o Roadster, mostrado na Figura 05, totalmente elétrico. Nos testes da empresa, ele alcançou 245 milhas (394 km) com uma única carga”. Esse esportivo gerou um enorme sucesso para a empresa e foi o estopim para o sucesso atual da Tesla, que atualmente possui uma ampla gama de modelos.

A Tesla continuou com suas pesquisas e desenvolvimento, cada vez trazendo mais inovações e conseqüentemente diversas montadoras seguiram a receita para a criação de seus veículos.

Figura 05: Tesla Roadster 2009 em frente a turbinas eólicas



Fonte: (ROBINSON, 2009)

2.2 Tecnologia presente nos veículos elétricos

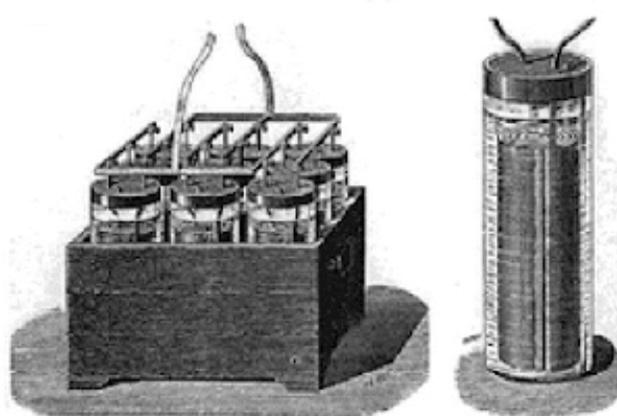
As tecnologias desses veículos são de fato bem diferentes das encontradas nos veículos a combustão, e todos esses carros contam com quase a mesma tecnologia padrão, mudando apenas algumas características de cada marca ou modelo, isso ocorre pois não foi decidido um padrão universal de baterias, plugues e carregadores a serem adotados, portanto, deve-se catalogar os tipos em uso atualmente e adaptá-los para uso público

2.3 Bateria

A bateria é crucial pois é ela que armazena a energia que irá ser utilizada na operação do motor elétrico do carro, elas possuem uma grande diferença para as baterias utilizadas em veículos a combustão, uma vez que as de veículos elétricos apresentam maiores valores de tensão e sua carga define qual será a autonomia para o veículo.

A tecnologia para essa bateria tem início no ano 1860, onde surge a primeira bateria recarregável chamada de chumbo-ácido, mostrado na Figura 06, criada por Gaston Planté, constituída de uma célula com uma placa de óxido de chumbo e outra de chumbo metálico, imersas em ácido sulfúrico, produzindo sulfato de chumbo (HIRSCHLAG,2021).

Figura 06: Bateria de chumbo ácido desenvolvida por Gaston Planté (1860)



Fonte: (APPROBATO, 2019)

Ainda no mesmo século Waldemar Jungner criou em 1899 a bateria de níquel cádmio, mostrada na Figura 07, uma das primeiras baterias portáteis da história, onde apresentavam alta densidade de energia e a facilidade na reciclagem da mesma.

Figura 07: Bateria de níquel de cádmio (1899)



Fonte: (Batscan - nickel-cadmium batteries, s.d.)

As baterias de lítio vieram a nascer no ano de 1912 utilizando o lítio metálico, porém, somente em 1970 essa tecnologia chegou ao público, trazendo diversas melhorias por ser muito mais leve em relação as outras e possuir uma melhor carga, mas ainda existia um grande problema com a temperatura que fez com que a tecnologia fosse posta de lado até os anos 1991 onde John Goodenough, Rachid Yazami e Akira Yoshino começaram a utilizar íons de lítio ao invés de lítio metálico (BRINGIT,2011).

Atualmente temos três tipos de formatos de baterias de íons de lítio conforme a figura 08

Figura 08: Tipos de formatos de células de baterias de íon de lítio



Fonte: (DE OLIVEIRA, 2022)

Para esclarecer as diferenças, uma célula prismática mantém as suas substâncias químicas dentro de um invólucro rígido na forma retangular, que caracteriza seu formato, facilitando o empilhamento com várias unidades em um módulo de bateria. As células prismáticas podem ser de duas formas, as enroladas possuem folhas de eletrodos dentro de um invólucro (com ânodo, separador e cátodo) e podem liberar mais energia de uma só vez, oferecendo melhor desempenho. A outra é achatada, contém mais energia e garante maior durabilidade. Seu formato maior permite aplicações de uso intensivo de energia como nos carros e caminhões, assim as células prismáticas podem avançar no segmento de veículos elétricos (DE OLIVEIRA,2022). Na Figura 09 vemos a bateria do Lexus UX 300e que vem com uma garantia de 10 anos ou 1 milhão de km.

Figura 09: Bateria de íon de lítio prismática utilizada no Lexus UX 300e



Fonte: (LIMA, 2020)

Em comparação com as células prismáticas, as células cilíndricas mantêm as suas substâncias químicas dentro de um invólucro rígido, que geralmente é de lata. Uma de suas vantagens é que são pequenas e redondas, permitindo ser utilizada em dispositivos pequenos, médios e grandes. Outra grande vantagem devido ao seu formato é que evita o inchaço, que ocorre em baterias nas quais os gases se acumulam no invólucro (DE OLIVEIRA,2022). A surpresa maior foi quando a Tesla utilizou estas

mesmas células em seus primeiros carros elétricos prismáticas e cilíndricas além do Model S, só que nestes modelos de carros, chegavam a ter entre 6 mil e 9 mil células, segundo o site oficial da Tesla.

Apenas para se ter uma ideia da amplitude de usos deste tipo de célula cilíndrica, elas possuem aplicações no setor aeroespacial em satélites, no explorador *rover* enviado ao planeta Marte além do primeiro helicóptero a voar fora do planeta Terra o *Ingenuity* que voou em Marte. O mesmo tipo de célula utilizada no *rover* também é utilizado nos carros de corrida da Fórmula E, que exigem alto desempenho. Na figura 10 podemos ver uma série de protótipos de baterias de íon de lítio cilíndricas criadas pela marca Panasonic, a identificação das baterias representadas abaixo deve-se ao seu tamanho, a 4680 por exemplo: 46 milímetros (mm) de diâmetro e 80 mm de altura (KANE,2021).

Figura 10: Protótipos Panasonic de baterias cilíndrica de íons de lítio de alta capacidade para carros elétricos



Fonte: (KANE, 2021)

O que predomina nas montadoras de carros elétricos são as células cilíndricas e prismáticas, sendo o formato cilíndrico o mais utilizado até recentemente, entretanto as células prismáticas mostram que podem ultrapassar a parcela de vendas no mercado,

devido ao desenvolvimento constante da tecnologia, e melhor aproveitamento de espaço (DE OLIVEIRA,2022).

A Tesla, sendo a maior fabricante de carros elétricos no mundo, abre caminho para uma nova tecnologia na implantação de baterias íon-lítio, conforme Figura 11, nos seus veículos elétricos, quebrando recordes desde seu primeiro dia de estreia onde era capaz de percorrer 300 km com somente uma única carga. Em 2022, após várias melhoras de desempenho, segundo o site oficial da Tesla indica que a bateria utilizada em seus modelos tem uma autonomia de aproximadamente 576 km.

Figura 11: Bateria de íon de lítio da Tesla



Fonte: (SOUZA, 2017)

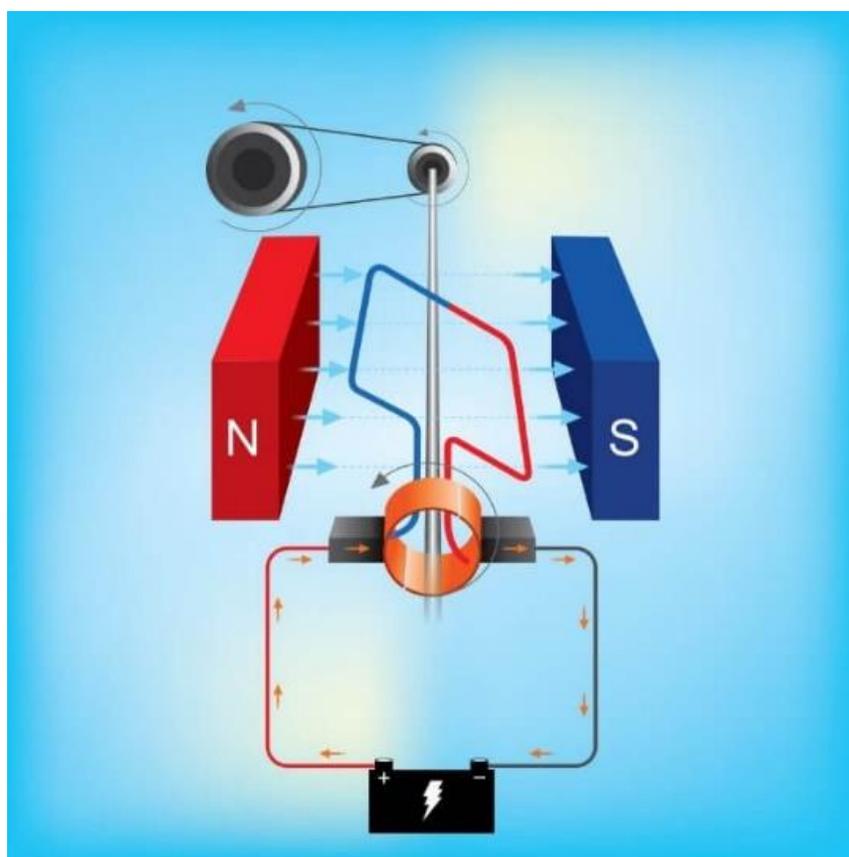
2.4 Motor elétrico

A grande diferença para esse tipo de motor elétrico para o motor utilizado em indústrias é seu alto nível de torque em velocidades baixas o que permite que atinja suas necessidades de aceleração e uma faixa de trabalho que permite que ele trabalhe em condições específicas com menos esforço.

Existem dois tipos de motores comumente usados em veículos elétricos, os motores de Corrente Contínua (CC) e os motores de Corrente Alternada (CA).

Dentre os diferentes tipos de motores o modelo mais simples é o motor CC com escovas, conforme Figura 12, geralmente usados no vidro dos veículos tanto nos vidros elétricos e para rebater os retrovisores que assim como o nome sugere, é alimentado por CC, o mesmo é feito de duas partes, a parte fixa do motor, conhecida como estator, onde é constituído por ímãs e a parte que gira do motor, conhecida como rotor, que tem uma bobina elétrica dentro dele.

Figura 12: Motor CC



Fonte: Motor Carro Elétrico - Veículo Elétrico (VE), s.d.

Os ímãs do estator, geram um campo magnético entre o polo norte e polo sul, e quando essa bateria fornece energia para o rotor, essa corrente elétrica passa pelas bobinas e cria uma força magnética com os polos invertidos em comparação ao estator, que produz um certo torque e fazendo o rotor girar na tentativa de alinhar os

polos. Abaixo temos o Quadro 02, mostrando as vantagens e desvantagens do uso desse motor.

Quadro 02: Vantagens e desvantagens do motor CC

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Curva velocidade-torque linear	Dissipação de calor
Simples controle de velocidade	Barulho
Fácil construção e instalação	Manutenção

Fonte: Motor Carro Elétrico - Veículo Elétrico (VE), s.d.

Já nos motores CA possuímos o motor de indução, conforme Figura 13, que geralmente são utilizados em veículos de alta performance, e esse tipo de motor não precisa de ímãs permanentes, porque produz o campo magnético pelas correntes elétricas que passam pelas bobinas fixadas ao estator. Comparado ao motor CC citado anteriormente, esses não precisam de tanta manutenção, porém são bem mais caros e possuem um torque baixo.

Figura 13: Motor de indução



Fonte: Nova Motores e Geradores Elétricos, s.d.

O campo magnético criado pelas bobinas no seu estator cria tensão e corrente no rolo do rotor e essa permite que o rotor produza seu próprio campo magnético onde o mesmo tenta se alinhar ao campo magnético do estator, esse criará um certo campo magnético alternado de modo que o rotor gire de forma que o campo magnético tenta seguir o campo do estator. Abaixo temos o Quadro 03, mostrando as vantagens e desvantagens do uso desse motor.

Quadro 03: Vantagens e desvantagens do motor CA

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Sem escovas	Corrente induzida causa perdas
Não necessita de ímãs permanentes	Não é compacto
Não necessita de um mecanismo de partida	Pesado
Fácil controle de velocidade	

Fonte: Motor Carro Elétrico - Veículo Elétrico (VE), s.d.

Segundo especificações das montadoras esse tipo de motor foi usado em veículos como o Tesla *Model S*, Figura 14 (TESLA, INC.,2021), Toyota *RAV 4*, Figura 15 (TOYOTA MOTOR CORPORATION, 2018), e Mahindra *Reva e20*, Figura 16.

Figura 14: Tesla *Model S Plaid*



Fonte: (PASSOS, 2022)

Figura 15: Toyota RAV4 *Hybrid*



Fonte: (MOTOR1, s.d.)

Figura 16: Mahindra Reva e20



Fonte: (SHRESTHA, 2021)

Temos também o motor síncrono de ímã permanente conhecido como motor síncrono, conforme Figura 17, ele possui esse nome pois as velocidades do estator e do rotor são as mesmas, bem diferente do motor de indução. Sua construção é capaz de tornar desnecessário induzir um campo magnético no rotor, mesmo assim oferecendo as mesmas vantagens do motor de indução, além de ser compacto e mais leve que ele.

Figura 17: Motor síncrono de ímã permanente



Fonte: (PLANAS, 2017)

Feito com um estator bobinado, comumente com um enrolamento trifásico e um rotor feito de ímã composto de um componente de alta permeabilidade e com alta

intensidade para campo magnético. Quando o enrolamento do estator recebe energia de uma fonte externa ele cria um campo magnético rotativo e com velocidade síncrona, e como o rotor possui um ímã permanente ele gera seu próprio campo magnético e quando esse interage com o campo do estator, os polos opostos se atraem e se alinham fazendo com que esse rotor gire em sincronia com a velocidade do campo rotativo. Abaixo temos o Quadro 04, mostrando as vantagens e desvantagens do uso desse motor.

Quadro 04: Vantagens e desvantagens do motor síncrono de ímã permanente

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Pequeno e leve	Custo elevado dos ímãs permanentes
Silencioso	Mecanismo de partida
Eficiente	Perdas em velocidades altas
Torque alto em velocidade baixa	

Fonte: Motor Carro Elétrico - Veículo Elétrico (VE), s.d.

Segundo especificações das montadoras, esse tipo de motor foi usado em veículos como o Toyota Prius, Figura 18, Nissan Leaf, Figura 19, e Kia Soul EV, Figura 20.

Figura 18: Toyota Prius



Fonte (PERONI, 2021)

Figura 19: Nissan Leaf



Fonte: (MOTOR1, 2022)

Figura 20: Kia Soul EV



Fonte: (CESAR, s.d.)

O motor de relutância ou de passo que combina o melhor do que os motores anteriores têm a oferecer, ele gira em velocidade síncrona e combina diversas das vantagens dos motores de ímã permanente e indução, sendo forte e tolerante a certas falhas, como o motor de indução, compactado e eficiente, como o motor de ímã permanente. (MOTOR CARRO ELÉTRICO, s.d.)

Feito com um conjunto de lâmina ferromagnéticas lado a lado e configuradas em três formas, seu estator é igual aos dos motores citados anteriormente (bobinados e com

rolamentos trifásicos) e seu funcionamento é o mesmo que o motor de ímã permanente. Ele entrega uma alta potência com um custo baixo, porém, devido a problemas de controle e fabricação ele não é tanto utilizado em veículos elétricos. Abaixo temos o Quadro 05, mostrando as vantagens e desvantagens do uso desse motor.

Quadro 05: Vantagens e desvantagens do motor de relutância

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Toque comparável ao motor de ímã	Menor eficiência em velocidade baixa
Maior eficiência em velocidade alta	Barulhento
Barato	Problemas de controle
Pequeno e robusto	

Fonte: Motor Carro Elétrico - Veículo Elétrico (VE), s.d.

Esse tipo de motor foi usado apenas no BMW i3, primeiro automóvel elétrico disponibilizado pela BMW no Brasil (o mesmo também era disponível em uma versão de propulsão híbrida), que já deixou de ser disponível no mercado mundial desde agosto de 2022 e foi substituído pelo SUV iX1 apresentava potência de 170 cv e autonomia de até 335 km representado na Figura 21.

Figura 21: BMW i3



Fonte: (OLIVA, 2019)

No mês de julho de 2022, Elon Musk anunciou seu novo motor elétrico apelidado de *Plate motor*, conforme Figura 22, que promete ser mais leve, com menor custo e com o desempenho elevado comparado a seus antecessores, ele revelou que seu motor será

coberto por carbono e trazendo um índice de RPM elevado, com a intenção de poder ser aplicado a qualquer carro elétrico do mercado atual.

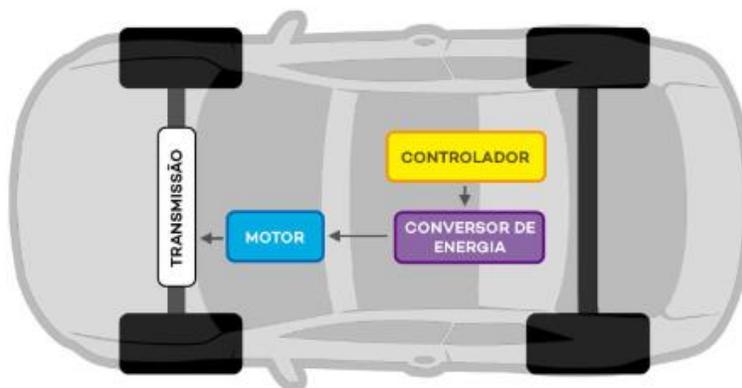
Figura 22: *Plate motor*



Fonte: (MEDEIROS, 2022)

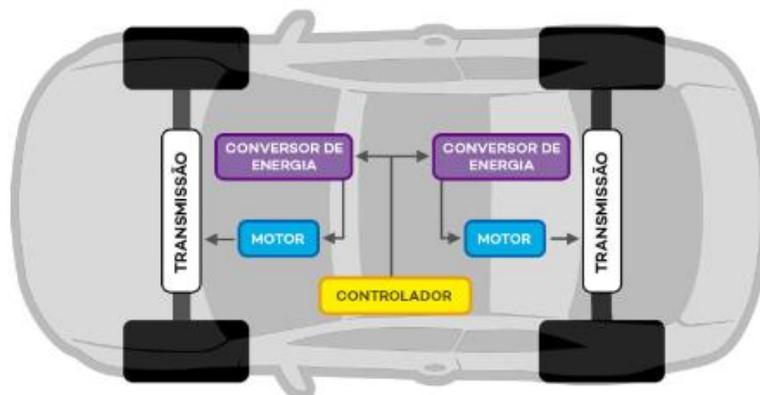
A aplicação de um motor no veículo elétrico é bem diversificada, podendo ser utilizado com uma configuração simples, conforme Figura 23, utilizando um motor para movimentar o eixo dianteiro ou o traseiro, uma configuração com dois motores, conforme Figura 24, usando um motor para mover o eixo dianteiro e o segundo no eixo traseiro, ou até utilizar motores independentes para cada roda do veículo, conforme Figura 25, colocando-os diretamente nas rodas, podendo ser engrenados ou não.

Figura 23: Configuração de motor único



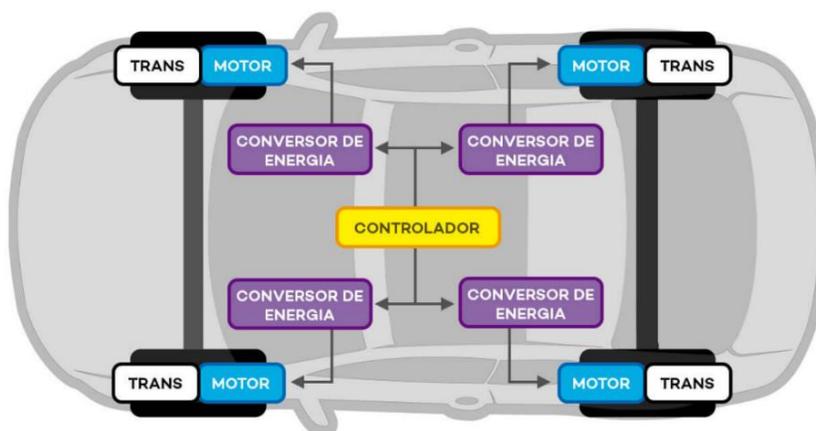
Fonte: Modificado de Motor Carro Elétrico - Veículo Elétrico (VE), s.d.

Figura 24: Configuração de motor duplo



Fonte: : Modificado de Motor Carro Elétrico - Veículo Elétrico (VE), s.d.

Figura 25: Configuração de motor na roda



Fonte: Modificado de Motor Carro Elétrico - Veículo Elétrico (VE), s.d.

2.5 Freio regenerativo

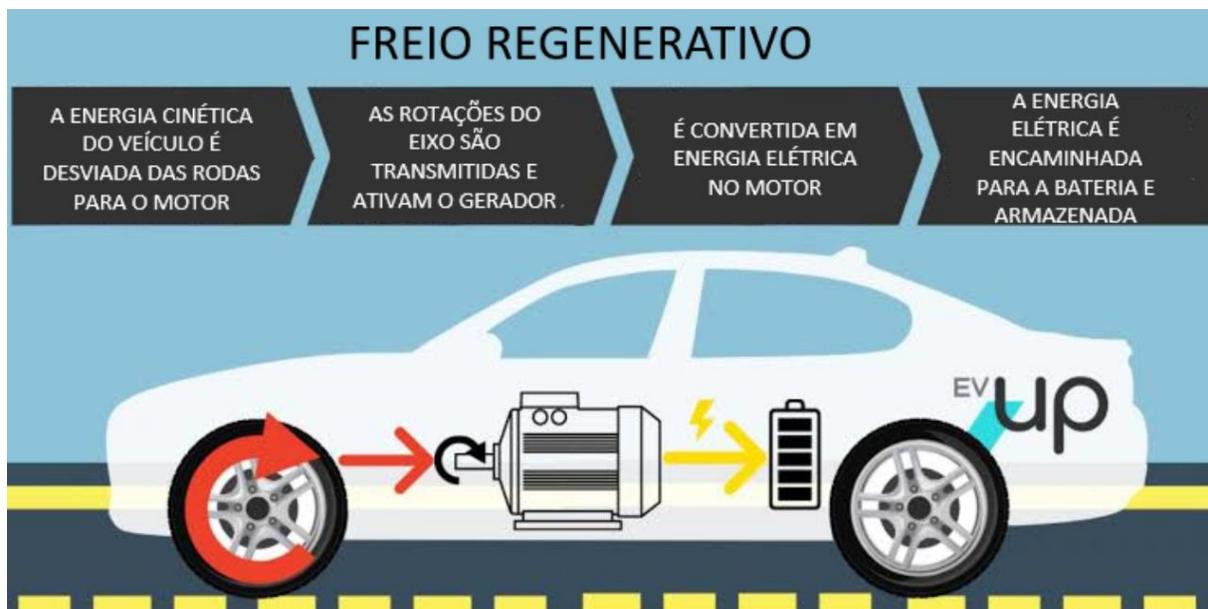
Segundo Ribeiro (2017, p. 04) “Sistemas de frenagem regenerativa são aqueles que possuem a capacidade de recuperar a energia de um veículo quando está freando. O tradicional freio mecânico representa um desperdício por retirar a energia cinética de um veículo”.

O primeiro freio regenerativo foi invenção do Francês M. A. Darracq, em 1897, e tinha como objetivo aumentar a autonomia dos veículos elétricos da época. Assim como

um sistema regenerativo moderno, ele alimentou a energia de frenagem em uma bateria para prolongar a autonomia do carro que era cerca de 48 km, mas atingiu uma economia de energia de 30%, muito surpreendente para a época, comparado ao que gira em torno de cerca de três vezes menor ao equivalente de um sistema moderno atual (EHSANI, 2005, p. 21).

Muitos veículos elétricos atuais contam com um equipamento chamado, também conhecido como Sistema de recuperação de energia cinética, em inglês, *Kinetic energy recovery system* (KERS), conforme Figura 26, um sistema inventado em 1902 em Newcastle, onde era aplicado em bondes na cidade, conforme Figura 27, para fornecer energia elétrica em uma possível crise de energia.

Figura 26: Freio regenerativo



Fonte: (EVUP,2021)

Figura 27: Ilustração de bonde elétrico de Newcastle na Inglaterra em 1903



Fonte: Freio Regenerativo KERS, s.d.

Seu funcionamento permite que o carro use a energia cinética das rodas do veículo, enviando sinais através de um sensor, que permite transformar o propulsor do carro em um gerador. Em alguns modelos esse sistema chega a ser tão potente que o condutor nem necessita acionar os freios do veículo para frear, utilizando somente o pedal do acelerador para conduzir o veículo, além disso, com esse método os componentes de fricção, como os presentes no freio do veículo, têm sua vida útil prolongada, uma vez que não se torna tão necessário a utilização deles, já em trechos de serra o sistema funciona como um freio- motor.

Diferentes modelos de veículos utilizam esse sistema, mas um que se destaca é o Porsche Taycan, conforme Figura 28, onde o sistema nomeado de Porsche *recupetation management* (PRM) aciona o modo de geração de energia assim que o pedal de freio é acionado, fazendo com que os motores elétricos passem a ter energia gerada através da rotação da roda do veículo e representam 90% das frenagens, realizadas pelo trem de força do veículo, onde os freios mecânicos serão aplicados em apenas casos extremos de frenagem, o que significa a recuperação de até 290 kW através do PRM (WIENKÖTTER, 2022).

Figura 28: Porsche Taycan



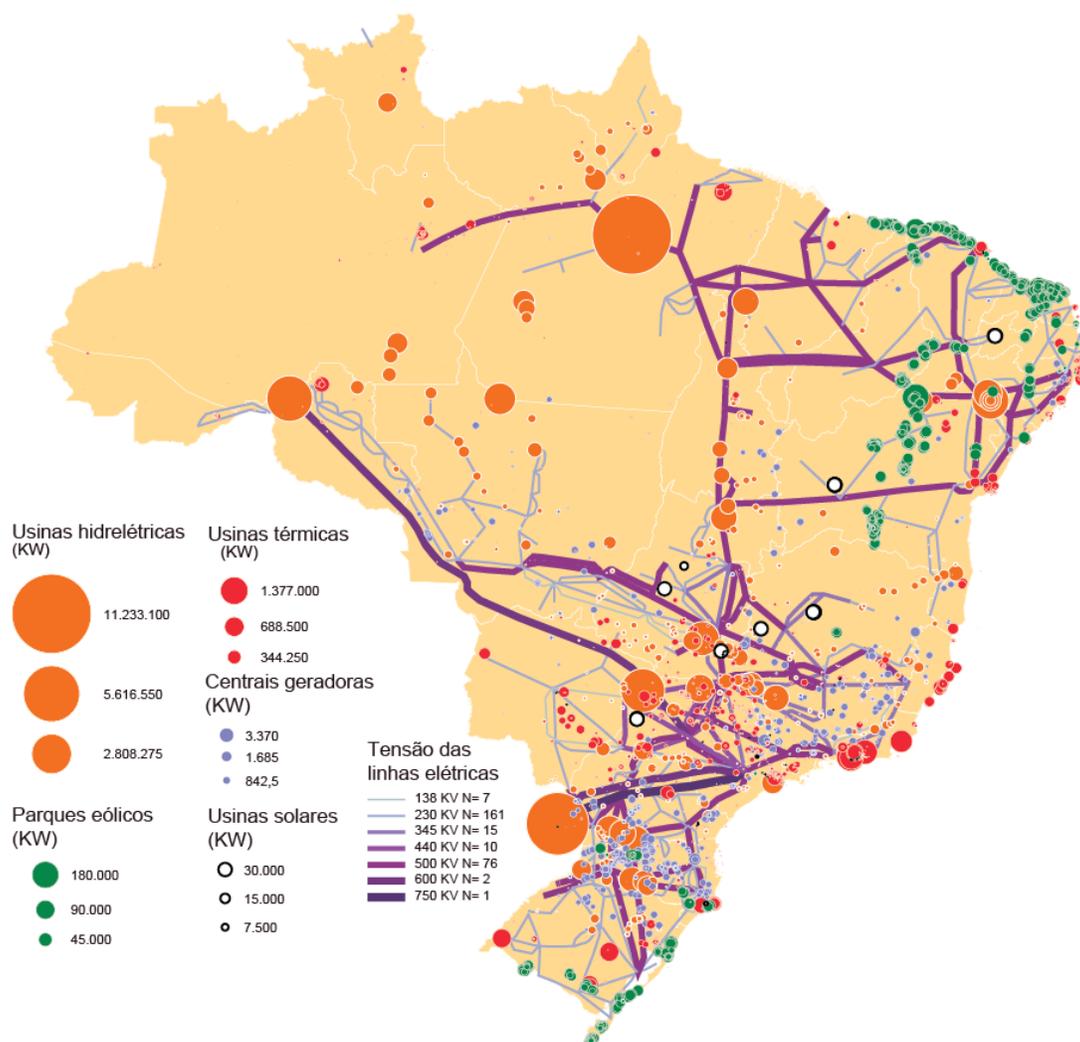
Fonte: Revista carro, 2021.

3 Matriz elétrica brasileira

O território brasileiro apresenta uma série de questões envolvendo a infraestrutura elétrica e de distribuição de energia a serem levadas em conta quanto à integração de sistemas unificados de recargas de veículos elétricos. Dentre eles está a distribuição de energia elétrica, que na Figura 29 podemos observar no mapa do sistema elétrico brasileiro, a capacidade de produção de diferentes tipos de usinas e centrais geradoras de energia elétrica e as tensões das linhas elétricas no território brasileiro.

Percebemos então uma das principais características de vários sistemas de distribuição de bens no Brasil: a concentração de sistemas no Sul e Sudeste e a alienação de estados brasileiros de um sistema único de distribuição de energia. Essa concentração de recursos ocorre principalmente por dois motivos, a concentração de população e indústrias na região sudeste, e o difícil terreno presente nas regiões Norte e Centro-Oeste (Floresta Amazônica e Pantanal respectivamente).

Figura 29: Mapa do Sistema elétrico brasileiro

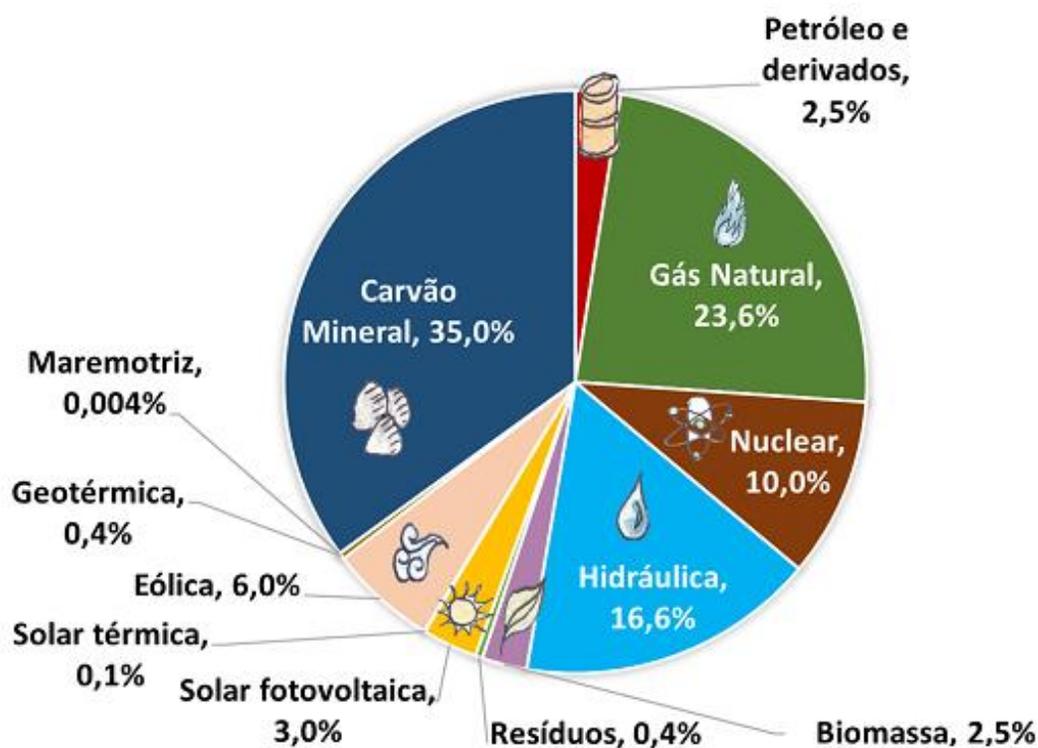


Fonte: (HERVÉ THÉRY, NELI APARECIDA DE MELLO-THÉRY, 2016)

Segundo a Agência internacional de energia (IEA) McBain e Bibra (2021) Noruega, Islândia, Suíça, Holanda, são os países que lideram o ranking mundial de VEs per capita, enquanto China, Estados Unidos, Alemanha e França, lideram o *ranking* de maior número de vendas de veículos elétricos. Tendo em vista que o Brasil apesar de apresentar aumento expressivo na venda de veículos elétricos na última década, ainda se encontra defasado em relação ao tamanho da frota de VEs per capita, e números em vendas, o país pode analisar decisões que mais se adequariam a alcançar uma frota elétrica de maior tamanho no território nacional.

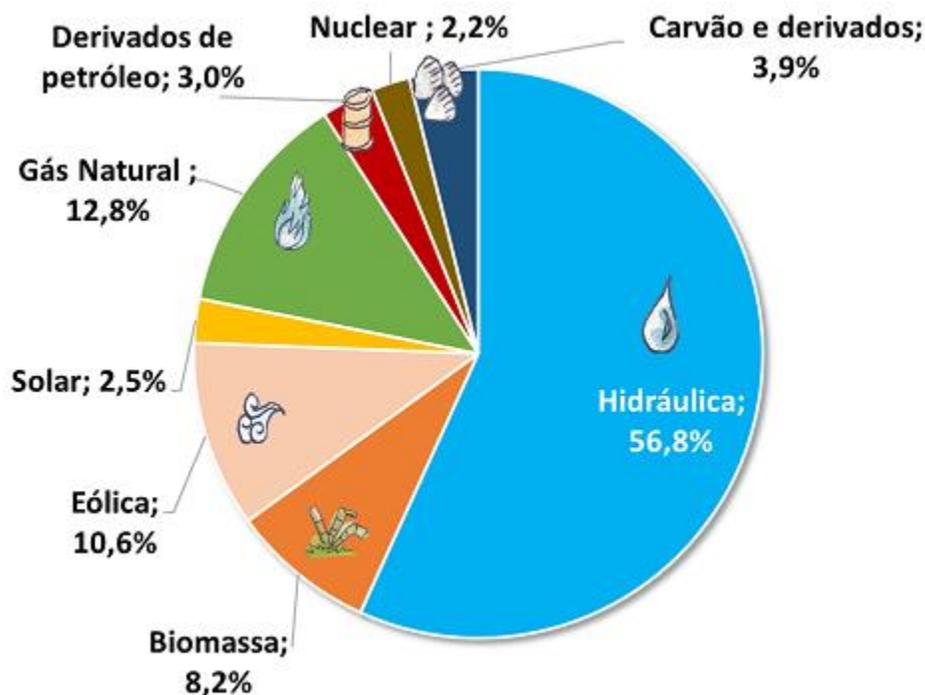
Um desafio da realidade de outros países é a matriz energética, altamente dependente de combustíveis fósseis e usinas nucleares. O país apresenta uma matriz elétrica em maioria proveniente de fontes renováveis, isso é, proveniente de fontes primárias de energia de acordo com a Empresa de pesquisa energética (EPE), responsável pela publicação do Balanço energético nacional brasileiro (BEM), que tem como fim contabilizar e publicar pesquisas de dados quanto a origem, oferta e consumo de energia no território nacional brasileiro. As Figuras 30 e 31 expõe em porcentagem da matriz elétrica utilizada mundialmente e nacionalmente, respectivamente.

Figura 30: Matriz elétrica mundial



Fonte: EPE, 2021

Figura 31: Matriz elétrica brasileira



Fonte: EPE, 2021

Quando comparado com o resto do mundo, o Brasil apresenta uma utilização de fontes de energia renováveis de 82,9% enquanto o resto do mundo utiliza apenas 28,6% de acordo com a EPE. Isso decorre devido à grande oferta de água no território brasileiro, além de uma topografia favorável a criação de reservatórios hídricos.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 2019 o Brasil possuía: 219 usinas hidrelétricas de grande porte (UHE), 425 pequenas centrais hidrelétricas (PCH), e 739 centrais geradoras hidrelétricas (CGH), totalizando 1383 unidades geradoras de energia hidrelétricas. Na Tabela 01 abaixo observamos as características gerais do parque hidroelétrico brasileiro entre o período de 2011 e 2020 e seus valores de consumo em Gigawatt-hora (GWh).

Tabela 01: Energia hidráulica no Brasil (GWh)

	GWh										
FLUXO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	FLOW
PRODUÇÃO	428.333	415.342	390.992	373.439	359.743	380.911	370.906	388.971	397.877	396.381	PRODUCTION
CONSUMO TOTAL	428.333	415.342	390.992	373.439	359.743	380.911	370.906	388.971	397.877	396.381	TOTAL CONSUMPTION
TRANSFORMAÇÃO	428.333	415.342	390.992	373.439	359.743	380.911	370.906	388.971	397.877	396.381	TRANSFORMATION
GERAÇÃO PÚBLICA	405.621	394.879	368.939	351.351	338.673	359.499	352.313	369.641	378.450	378.637	PUBLIC SERVICE POWER PLANTS
GERAÇÃO DE AUTOPRODUTORES	22.712	20.463	22.053	22.088	21.070	21.412	18.593	19.330	19.427	17.745	SELF-PRODUCERS POWER PLANTS

Fonte: (SACHSIDA, 2022, p. 45)

Além disso o Brasil ainda utiliza a biomassa em sua maioria proveniente da produção de etanol derivada da cana de açúcar como meio de produção de energia elétrica e como esse método não introduz CO₂ no ciclo carbono do mesmo modo como combustíveis fósseis, então esse método de produção de energia elétrica também é considerado como renovável.

A geração de energia elétrica proveniente de painéis fotovoltaicos e geradores eólicos também mostram a convicção oportuna de aproveitar as condições geográficas e climáticas do território brasileiro de aproveitar seus recursos naturais em prol da geração de energia limpa, isto é, não nociva ao meio ambiente.

4 Desafios e possibilidades no território brasileiro

Compradores de veículos híbridos e elétricos já aproveitam descontos em impostos como o Imposto Sobre Produtos Industrializados (IPI) e Imposto sobre propriedade de veículo automotor (IPVA), entretanto, não unanimemente. Como exibido na Figura 32 abaixo, que exibe apenas a situação relativa ao IPVA de cada estado, incentivos para consumidores comprarem VEs ou híbridos variam, ou simplesmente, não existem dependendo da região. Existem projetos a serem aplicados em alguns estados, mas outros ainda não tomaram a frente nessa questão.

Analisando e comparando a Figura 32 abaixo com o Mapa do Sistema Elétrico Brasileiro, percebe-se a relação entre a não conectividade entre estados e o resto do país em uma única rede unida. Em contrapartida percebe-se que a maioria dos estados

que oferecem isenção total ou parcial, possuem alguma relação com fontes de energia presentes em seu território.

Figura 32: Estados brasileiros e suas políticas em relação a cobrança de IPVA quanto a veículos híbridos e elétricos

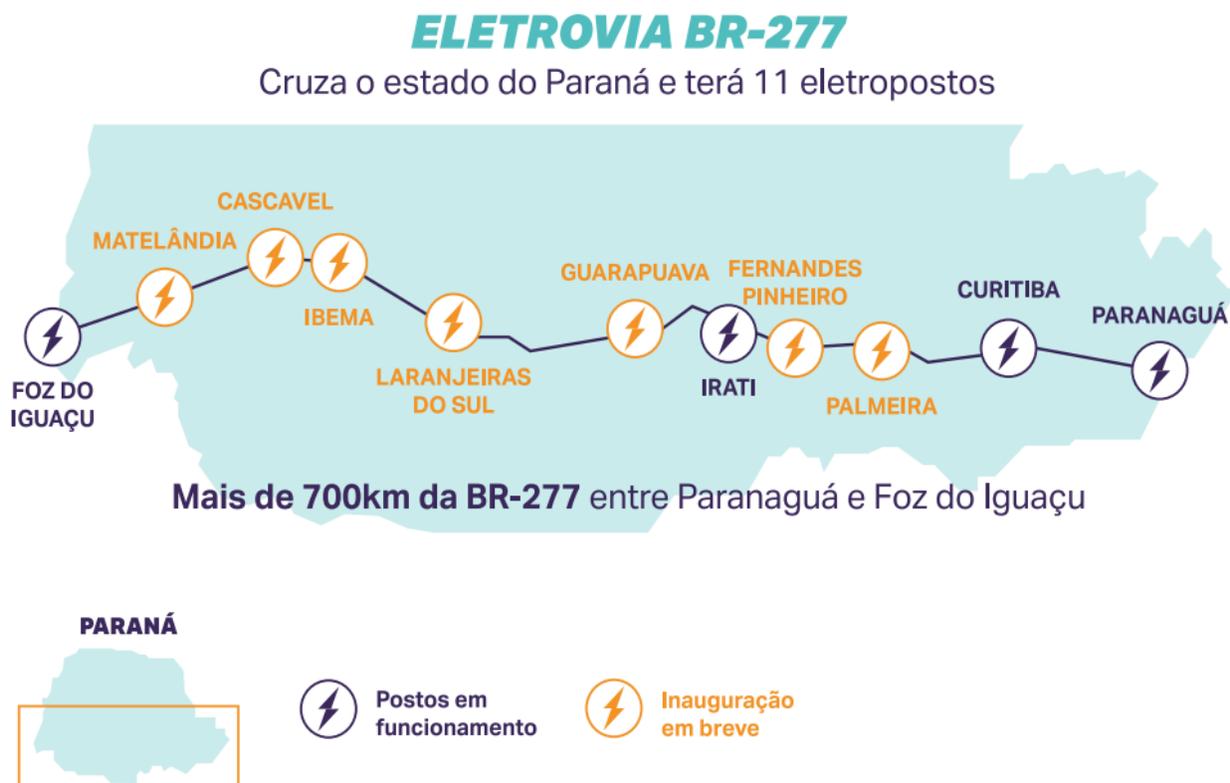


Fonte: (AB, 2021)

De acordo com o guia de instalação de equipamentos de recarga para grandes demandas PROCOBRE (2020, p. 10) “Fazer uma viagem de veículo elétrico já é uma realidade em diversas regiões no Brasil e, em breve, os quilômetros de eletrovias irão

aumentar.” Na Figura 33 abaixo observamos a Rodovia BR-277 que liga o porto de Paranaguá com a Foz do Iguaçu, foi nessa Rodovia transversal brasileira que a Companhia paranaense de energia (COPEL), empresa pública de capital aberto, cujo acionista majoritário é o Governo do Estado do Paraná, inaugurou a primeira rodovia eletrovia, com 11 postos em 2020 (não completamente operantes, mas ativando-os ao longo do tempo).

Figura 33: Localização dos eletropostos ao longo da BR-277



Fonte: (PROCOBRE, 2020, p.10)

Em novembro de 2022, a Copel em parceria com a Mobilize, pertencente ao grupo Renault realizou a compra de 30 veículos elétricos e pretende adquirir até 67 veículos até o ano de 2027 em uma forma de incentivar a mobilidade elétrica em visão ao plano 2030 de acordo com a Agência estadual de notícias do governo do estado do Paraná (COPEL, 2023). Até 2022, distribuidoras de energia do país são as que mais investem na construção de postos de carregamento, e diversas cidades já são interligadas por

eletropostos. Iniciativas de empresas privadas com visão de futuro também começam a surgir, ampliando ainda mais o leque de pontos de recarga à disposição da população.

O aumento de eletrovias não ficou limitada apenas ao Sul do país: 2 anos após a publicação a empresa 99 (noventa e nove), empresa de aplicativo de transporte individual em comemoração a 10 anos de existência, declarou parceria em um projeto declarado “Aliança pela Mobilidade Sustentável” com várias empresas de vários segmentos: CAO A Chery (parceria entre distribuidor e proprietário de automóveis em território nacional CAO A, e Chery Automobile, indústria automobilística estatal da China), *Build Your Dreams* (BYD, conglomerado chinês de empresas), Ipiranga (pertencente ao grupo Ultra, distribuidora de combustíveis e gás), Movida (empresa brasileira de locação de veículos), Raízen (empresa integrada de energia de origem brasileira com presença nos setores de produção de açúcar e etanol, distribuição de combustíveis, geração de energia renovável e lubrificantes), Tupinambá Energia (fundada em 2019 com o objetivo de viabilizar o desenvolvimento de uma rede de pontos de recarga de veículos híbridos e elétricos), Unidas (terceira maior locadora de veículos do Brasil, líder em locação de frotas para empresas), Zletric (criadora de uma rede de estações para veículos elétricos: disponíveis em condomínios, estacionamentos, shoppings, universidades) e visa (empresa multinacional americana de serviços financeiros), com o intuito de aumentar a quantidade de carregadores de carros eletrificados e elétricos no Brasil

Segundo a empresa de aplicativo de transporte individual 99 (2022) “...o objetivo da iniciativa envolve a produção, adoção e infraestrutura para carros sustentáveis, a Aliança estabeleceu metas a curto, médio e longo prazo. São elas que orientam as ações e os compromissos do grupo.” Essas metas, segundo a 99 são: Aumentar a participação dos veículos elétricos entre carros novos para 10% das vendas até 2025 (hoje o índice é de 2%); Criar 10 mil estações públicas de carregamento em todo o Brasil até 2025 (atualmente existem cerca de 1.500); Lançar, no mínimo, 300 automóveis elétricos da 99 ainda esse ano, com objetivo de chegar a 10 mil até 2025 e 100% da frota até 2030; Chegar à emissão zero de carbono pela 99 até 2030, em 2019, 38% das emissões de CO₂ de processos industriais e emissões de energia originaram-se do setor de transporte no Brasil (BARCELOS,2022) ;Adotar a cidade de São Paulo como polo pioneiro para implementação de programas a fim de inspirar outras regiões do país.

4.1 Dificuldades em produtos e serviços para pontos de recarga

Sobre as dificuldades em Produtos e serviços, listados no Quadro 06, sobre o crescimento da rede de recarregamento de veículos elétricos e eletrificados, afirmou-se que:

Os investimentos realizados hoje por atores públicos e privados, com algumas exceções, são pontuais e ainda apresentam dificuldade em impulsionar o setor e tornar a frota brasileira de veículos mais eletrificada. A falta de infraestrutura básica e baixa adequação de certas partes da rede elétrica aos requisitos necessários para a devida implantação dos equipamentos de recarga também foi evidenciada em algumas barreiras como fator central para discussão e busca por soluções.

Estes pontos também estão diretamente ligados às demandas por investimento, para preparação e adequação da rede elétrica e até de telecomunicações para viabilizar desde a oferta de energia até os serviços que demandam rede de internet para conexão, como algumas funcionalidades do *Smart Charging*. (BARASSA; DA CRUZ; MORAES, 2022 p. 48)

Quadro 06: Barreiras de produtos e serviços para pontos de recarga

1. Alto custo de investimento para instalação de infraestrutura de recarga
2. Ausência de aferição e garantia de qualidade na medição das recargas
3. Ausência de cadeia de suprimentos instalada
4. Ausência de certificação de equipamentos
5. Ausência de definição de características mínimas para carregadores de acesso público
6. Ausência de escala para prestação de serviços conectados
7. Ausência de flexibilização de regras do mercado livre de energia para uso em infraestrutura de recarga
8. Ausência de padronização da prestação de serviços conectados
9. Ausência de redes de infraestrutura de recarga nas rodovias intermunicipais
10. Ausência de tarifa binômica para consumidores de baixa tensão
11. Baixa representatividade/competitividade de soluções nacionais no mercado interno e externo
12. Criticidade da curva de carga do sistema em horários de pico
13. Desafio para a oferta de energia necessária devido a limites de geração
14. Desafios de instalação de infraestrutura de recarga em regiões distantes de infraestrutura básica
15. Indisponibilidade de componentes no mercado nacional
16. Necessidade de adequação da rede elétrica com demanda contratada e capacidade de rede de distribuição
17. Necessidade de plataforma independente para evitar conflitos de interesse
18. Necessidade de retrofit em instalações elétricas individuais e coletivas
19. Restrições para comercialização de energia no mercado

Fonte: (BARASSA; DA CRUZ; MORAES, 2022)

4.2 Métodos de monetização e modelos de receita

Sobre os Métodos de monetização e modelos de receita, atualmente adotados, e listados no Quadro 07, é possível afirmar que:

Em relação às barreiras para os Métodos de monetização e modelos de receita destaca-se, em primeiro lugar, a indefinição dos modelos de negócio aplicáveis às diferentes realidades mercadológicas do Brasil.

Estas indefinições vêm não somente do mercado incipiente, mas também de inseguranças e indefinições regulatórias e tecnológicas que fragilizam as relações comerciais e comprometem o desenvolvimento do setor como um todo. (BARASSA; DA CRUZ; MORAES, 2022 p. 47)

Isto exige um esforço de leitura e proximidade com as dinâmicas do mercado tanto por parte dos agentes governamentais quanto da própria cadeia de valor para, neste momento de surgimento destes modelos de negócio e de acomodação das possibilidades, tomar as decisões mais coerentes com o momento, olhando para a visão de futuro delimitada. (BARASSA; DA CRUZ; MORAES, 2022 p. 47)

Quadro 07: Barreiras de métodos de monetização e modelos de receita

1. Ausência de Classificação CNAE específica para o serviço de energia
2. Ausência de clientes/mercado em escala para mobilidade elétrica
3. Ausência de definição ou padronização de cobrança de recarga, que garanta segurança tributária.
4. Ausência de estrutura tributária direcionada e transparente para os serviços de recarga e comercialização de energia
5. Ausência de incentivos para as adequações necessárias à rede elétrica
6. Ausência de integração entre as plataformas de gestão de recarga para veículos elétricos
7. Ausência de legislação para regulação e tributação associada aos créditos de carbono
8. Ausência de Plataforma de Gestão centralizada que contemple todos os atores envolvidos
9. Ausência de regulação adequada para a cobrança de energia em estações de recarga
10. Ausência de um modelo fiscal claro
11. Baixa experiência com plataformas e tecnologias de monetização integrada
12. Dificuldade de obtenção de fontes de receita complementares à recarga
13. Entrave para investimentos privados pelo arranjo do modelo tarifário atual
14. Forças econômicas contrárias à aprovação e revisão de modelos fiscais
15. Guerra fiscal entre estados (tributação do ICMS, por exemplo)
16. Indefinição sobre o modelo de remuneração dos atores da cadeia de valor da infra de recarga
17. Insegurança jurídica para execução de modelos de negócio disruptivos
18. Inviabilidade financeira dos modelos de negócio existentes

Fonte: (BARASSA; DA CRUZ; MORAES, 2022)

4.3 Barreiras tecnológicas

Sobre as barreiras tecnológicas que estão atualmente impostas ao Brasil, e estão listadas no Quadro 08, é possível afirmar o seguinte:

As barreiras tecnológicas destacadas tratam de diversos temas e referem-se a diferentes problemas. Por exemplo, a falta de capacitação e de mão de obra qualificada para atuação na cadeia de valor foi um tema recorrente na fala dos especialistas, apontando para lacunas que têm começado a ser preenchidas.

Apesar disso, ainda são necessários esforços em conjunto, como a formação de engenheiros para a atuação com estas novas arquiteturas tecnológicas dos veículos elétricos e estações de recarga e seus desdobramentos. Além do mais, este tipo de formação também capacita e torna possível o desenvolvimento de pesquisas e desenvolvimento de projetos que atendam as demandas do mercado.

Destaca-se também o próprio entrave para o V2G e as demais faces do *Smart Charging*, que para além da inviabilidade legal hoje no Brasil, também esbarram na impossibilidade tecnológica de realizar à rede este fluxo bidirecional de energia. (BARASSA; DA CRUZ; MORAES, 2022 p. 49)

Quadro 08: Barreiras tecnológicas

1. Ausência de definição de um protocolo aberto e não proprietário para as plataformas de gestão
2. Ausência de especificação de erro máximo da medição de energia de acordo com o modelo de negócio
3. Ausência de incentivos fiscais para implantação de infraestrutura de recarga
4. Ausência de legislação clara que defina requisitos mínimos e padrões adotados pelo Brasil para estações de recarga com acesso público e compartilhada em condomínios
5. Ausência de legislação clara que permita cobrança pelo serviço de recarga
6. Ausência de legislação que incentive a construção de infraestrutura de recarga rápida e ultrarrápida
7. Ausência de normativas e de fiscalização de calibração dos medidores
8. Ausência de política pública e regulamentação de micro redes geradoras
9. Ausência de regulamentação sobre a cobrança entre sistemas de gestão da recarga
10. Ausência de regulamento técnico metrológico para as estações de recarga
11. Ausência de tarifas diferenciadas para Smart Charging
12. Dificuldade de implantação da Tarifa Dinâmica
13. Dificuldades de comercialização no mercado cativo e no mercado livre de energia para as aplicações da mobilidade elétrica
14. Falta de padronização na tensão de fornecimento
15. Impossibilidade por trava regulatória para o V2G
16. Indefinição de enquadramento do veículo elétrico como unidade consumidora
17. Inexistência de legislação para cobrança de energia fornecida em CC
18. Não utilização de normas e padrões com base em outros mercados (NBR ICE)
19. Necessidade de padronização de Plugs e Conectores
20. Necessidade de um cronograma de adoção das versões do protocolo OCPP

Fonte: (BARASSA; DA CRUZ; MORAES, 2022)

4.4 Regulação e normas atuais

Quanto as regulações e normas que hoje são vigentes na legislação em relação a aplicação de sistemas elétricos que podem exercer a função recarregador de automóveis elétricos e está listada abaixo, no Quadro 09, pode-se afirmar o seguinte:

A categoria de Regulação e Normas foi considerada a mais importante pelos especialistas para definir um rol de barreiras significantes para o *Roadmap*. Destaca-se a falta de segurança jurídica e de ações do poder público que poderiam ajudar a contornar as indefinições enumeradas nos Fatores Críticos.

Por exemplo, o controle das calibrações e medições dos equipamentos passando segurança e credibilidade ao consumidor ao mesmo tempo que se parametriza um mercado mais justo e competitivo para os players.

Ou ainda, como há a necessidade de reforços na rede elétrica, como definir quem paga a conta? Seriam necessários incentivos para evitar, por exemplo, onerar a tarifa dos consumidores, especialmente os de baixa renda, que podem demorar a ter contato com um veículo elétrico.

As diversas faces do *Smart Charging* voltaram a aparecer, apontando latência para este ponto. Neste caso, foi apontado pelos especialistas a falta de viabilidade de execução do V2G e demais formatos, tanto por travas regulatórias quanto por falta de tarifas diferenciadas que incentivem estas práticas no mercado brasileiro. (BARASSA; DA CRUZ; MORAES, 2022 p. 50)

Quadro 09: Barreiras de regulação e normas

1. Ausência de definição de um protocolo aberto e não proprietário para as plataformas de gestão
2. Ausência de especificação de erro máximo da medição de energia de acordo com o modelo de negócio
3. Ausência de incentivos fiscais para implantação de infraestrutura de recarga
4. Ausência de legislação clara que defina requisitos mínimos e padrões adotados pelo Brasil para estações de recarga com acesso público e compartilhada em condomínios
5. Ausência de legislação clara que permita cobrança pelo serviço de recarga
6. Ausência de legislação que incentive a construção de infraestrutura de recarga rápida e ultrarrápida
7. Ausência de normativas e de fiscalização de calibração dos medidores
8. Ausência de política pública e regulamentação de micro redes geradoras
9. Ausência de regulamentação sobre a cobrança entre sistemas de gestão da recarga
10. Ausência de regulamento técnico metroológico para as estações de recarga
11. Ausência de tarifas diferenciadas para Smart Charging
12. Dificuldade de implantação da Tarifa Dinâmica
13. Dificuldades de comercialização no mercado cativo e no mercado livre de energia para as aplicações da mobilidade elétrica
14. Falta de padronização na tensão de fornecimento
15. Impossibilidade por trava regulatória para o V2G
16. Indefinição de enquadramento do veículo elétrico como unidade consumidora
17. Inexistência de legislação para cobrança de energia fornecida em CC
18. Não utilização de normas e padrões com base em outros mercados (NBR ICE)
19. Necessidade de padronização de Plugs e Conectores
20. Necessidade de um cronograma de adoção das versões do protocolo OCPP

Fonte: (BARASSA; DA CRUZ; MORAES, 2022)

4.5 Regulação e normas futuras

Visando a adequação para tendências futuras na mobilidade e logística brasileira, e com o fim do Programa inovar-auto em 2017, que tinha como objetivo aumentar a competitividade no setor automotivo, criou-se a Lei 13.755, ou também conhecido como Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística, esse tem como objetivo principal a inserção global da indústria automotiva brasileira afim de que no fim de sua vigência, o país esteja incluído no estado da arte da produção global de veículos automotores (Rota 2030 - Mobilidade e Logística, 2020) , isto é, o nível mais alto de tecnologia, e técnicas empregadas na produção de veículos no mundo.

No programa Rota 2030 apresentam-se diversas diretrizes, das quais as que mais se destacam em relação aos veículos elétricos são as seguintes: Incrementar a eficiência energética, o desempenho estrutural e a disponibilidade de tecnologias assistivas;

Aumentar os investimentos em pesquisa e desenvolvimento no país; Estimular a produção de novas tecnologias e inovações e promover o uso de biocombustíveis e de formas alternativas de propulsão e valorizar a matriz energética brasileira (Rota 2030, s.d.) .

Em texto publicado pela Assessoria em mudanças climáticas (ANFAVEA, s.d.) do governo do estado de São Paulo em 2020, governos e grupos climáticos, em especial, os estados brasileiros do Amazonas, Mato Grosso, São Paulo e da região Madre de Dios, localizada no Peru, assim como mais de 170 organizações governamentais, privadas e acadêmicas estão envolvidos no Projeto Rotas 2050 (*Climate 2050 Pathways Project*), que busca alinhar governos a objetivos de conservação ambiental de longo prazo dentro do Acordo de Paris (acordo aprovado por 195 países para reduzir emissões de gases de efeito estufa afim de diminuir a velocidade do aumento da temperatura global) e da Convenção do Clima da Organização das Nações Unidas (ONU) (CURY,2020).

4.6 Outros fatores

Os outros fatores que podem interferir na construção de uma rede unificada pública de recarregadores para automóveis elétricos, geralmente são mais relacionados ao ambiente socioeconômico e mundial, esses fatores estão listados abaixo no Quadro 10, e pode-se afirmar sobre eles:

Barreiras atreladas a conjuntura política e macroeconômica do Brasil também foram contempladas como barreiras complementares aos quatro grupos de fatores críticos inicialmente identificados.

Além de períodos por vezes turbulentos do ambiente político-econômico brasileiro, foram apontados a falta de incentivos econômicos para a mobilidade elétrica de forma geral e a ausência de políticas públicas para o setor como grandes entraves para o impulsionamento da mobilidade elétrica.

Um plano nacional que defina e coordene ações neste sentido não existe e torna o ambiente menos preciso e confiável para a tomada de decisão, especialmente no que tange aos aportes de investimento em novas frentes e iniciativas no mercado nacional.

Complementarmente, foram ressaltadas questões de custos elevados que podem reduzir a competitividade do mercado frente a outras possibilidades. Isto aliado à falta de atratividade de players globais e à falta de profissionais capacitados e à própria pressão de outras forças de mercado não favoráveis à mudança de paradigma da mobilidade também criam barreiras importantes para mobilidade elétrica no Brasil. (BARASSA; DA CRUZ; MORAES, 2022 p. 51)

Quadro 10: Outros fatores que também são barreiras

1. Ausência de incentivos à indústria nacional para produção local das estações de recarga e partes dos veículos elétricos
2. Ausência de uma política de Estado que estimule o setor
3. Falta de uma cultura forte de inovação no país
4. Limitação de infraestrutura do INMETRO para Certificação
5. Falta de políticas públicas para mobilidade elétrica
6. Falta de incentivos econômicos e financiamentos para mobilidade elétrica
7. Dificuldades de penetração no transporte público coletivo devido a contratos existentes
8. Falta de atratividade de players globais
9. Forte pressão de forças contrárias à mudança do paradigma da mobilidade por diversos setores
10. Barreira cultural quanto à adesão da mobilidade elétrica
11. Êxodo de profissionais capacitados
12. Necessidade de desmistificação dos paradigmas da mobilidade elétrica
13. Heterogeneidade do mercado e das diferentes regiões do país em termos de demanda e infraestrutura básica
14. Obsolescência de modelos licitatórios e de investimento público
15. Ausência de regulação pública para incentivar o uso em transporte público
16. Alto preço de venda dos veículos elétricos inibindo o crescimento do mercado
17. Baixa capacitação profissional/escassez de mão de obra dedicada
18. Alto custo das baterias
19. Distância entre academia e indústria
20. Baixa Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação no país
21. Ausência de um plano nacional para mobilidade elétrica
22. Alta carga tributária na compra de veículo elétrico
23. Ausência de programas e de políticas públicas locais/regionais que suportem o avanço da mobilidade sustentável

Fonte: (BARASSA; DA CRUZ; MORAES,2022)

5 Modelos de carregadores

Com o avanço no desenvolvimento dos veículos elétricos tem se tornado cada vez mais simples recarregá-los, comparável com o processo de recarregar um celular *smartphone*, é necessário apenas conectar o veículo à fonte de energia que forneça a potência de carga necessária que o processo se iniciará.

No entanto existem diversos modelos de carregadores para se adaptar melhor ao local de instalação de acordo com, tempo necessário para recarga, potência suportada e necessidade do usuário.

5.1 Carregador de emergência

Os carregadores de emergência, Figura 34, geralmente acompanham o veículo já no momento da compra e possibilitam a carga em tomadas comuns de 10 A como as tomadas residenciais. Eles são de fácil manuseio e transporte e podem ser guardados no porta-malas do carro para atender ao usuário em momentos de emergência onde não são encontrados carregadores de maior potência. Apesar de muito convenientes, a sua baixa capacidade de potência resulta em um longo tempo de recarga das baterias de acordo com a Neocharge (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

Figura 34: Carregador de emergência



Fonte: Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.

Normalmente funcionam em corrente limite de 8 ou 10 A para evitar riscos de segurança ao usuário e ao carro, as montadoras definiram essa corrente máxima porque como as tomadas residenciais comuns suportam este limite, o usuário não poderia se enganar ou exceder a capacidade da tomada o que poderia causar sobreaquecimento dos cabos e conectores podendo resultar em incêndios.

Atuando nesta faixa de corrente, este modelo de carregador fornece uma potência máxima por volta de 2 kW em 220 V (tensão alternada) ou 1 kW em 110 V (tensão alternada). Para carregar um veículo com uma bateria de 40 kW, levaria em torno de 20 ou 40 horas, ou seja, é um carregador bem lento se comparado com outros modelos, e por isso, não é viável para a proposta de um estacionamento público com a opção de recarregamento (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

5.2 Carregador portátil

Os carregadores portáteis, conforme Figura 35, se assemelham bastante com os de emergência, tendo como principal diferença a potência de carregamento. No caso do carregador emergencial a potência se limita a 10 A com 1 fase, já nos carregadores portáteis a potência pode chegar até 32 A com 3 fases, multiplicando 10 vezes a potência máxima fornecida, reduzindo consideravelmente o tempo de recarga das baterias (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

Figura 35: Carregador portátil



Fonte: Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.

A potência máxima de carga é de 22 kW em 380 V (rede trifásica), mas existem também modelos monofásicos de 7 kW (220 V) ou ainda os modelos de 3,7 kW (16 A em 220 V). Para que sirva de comparação a capacidade de 7 ou 22 kW é a mesma presente nos carregadores de parede ou *wallbox*. Utilizando a potência de 22 kW é possível realizar uma carga completa da bateria de 40 kWh em um período menor que 2 horas, em contrapartida, com 7 kW essa carga levaria cerca de 6 horas (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

Por este motivo o carregador portátil vem substituindo cada vez mais o carregador fixo, já que fornecem a mesma potência com as vantagens de serem portáteis e mais flexíveis que os carregadores de parede.

Estes modelos de carregadores são ideais para clientes que buscam carregar seu veículo utilizando apenas um carregador em diferentes locais como, casa, trabalho, estacionamento entre outros. E para clientes que não possuem condições de instalar uma unidade fixa *wallbox* em sua residência. Mas com isso, caso fosse utilizado em um ambiente público, pode ser relativamente fácil furtá-lo, o que causaria prejuízos ao dono de veículos VE, e as instituições que possibilitaram o uso do equipamento em um ambiente público (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

5.3 Carregador residencial ou *wallbox*

De acordo com o artigo do NeoCharge, o carregamento residencial equivale a 80% de todo o carregamento realizado por condutores de veículos elétricos. Esse número se dá pelo simples motivo de o veículo passar maior parte do tempo estacionado na garagem residencial, portanto é o melhor momento e local para recarregá-lo.

Por serem geralmente fixos e instalados na parede, conforme Figura 36, são chamados de *wallbox* (carregador de parede). Assim como os portáteis, os carregadores *wallbox* são bem mais rápidos que os carregadores emergenciais que acompanham o veículo, pois enquanto o carregador de emergência chega ao limite de 10 A, O carregador fixo alcança 16 ou 32 A podendo ser instalados em tensões de 220 ou 380 V, de acordo com a disponibilidade da rede residencial. Por contarem com diversas proteções e utilizarem uma instalação elétrica dedicada, são muito mais seguros que os portáteis, garantindo segurança para as pessoas a volta, para o próprio equipamento e para o imóvel onde a estação de recarga está instalada (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

Figura 36: Realização de carga com *wallbox*

Fonte: Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.

O *wallbox* pode ser instalado também em totens e é encontrado em potência de 3,7 kW até 22 kW em CA para carregar o veículo, para carregar a bateria de 40 kW totalmente, este modelo leva de 2 a 12 horas.

5.4 Carregador comercial ou *parking*

Sendo muito similares aos carregadores residenciais é até possível encontrar espaços comerciais disponibilizando os residenciais, da mesma forma que também é possível encontrar carregadores comerciais em instalações residenciais, conforme Figura 37, devido ao seu local destinado de instalação, estes modelos são projetados para resistir a grandes fluxos de veículos e até mesmo pequenos acidentes.

Os carregadores comerciais geralmente possuem mais de uma saída para carregamento, trazendo a possibilidade de carregar mais de um veículo por vez, por este motivo ele é ideal para estabelecimentos e condomínios que possuem movimento de veículos e o uso tende a ser compartilhado. Eles realizam carga em CA, tem alta

confiabilidade, possuem sistemas inteligentes, permitem monitoramento e controle e são bem robustos (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

Figura 37: Realização de carga com carregador comercial



Fonte: Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.

Segundo o artigo do NeoCharge, a potência deste modelo varia entre 3,7 kW a 22 kW ou até 40 kW, nos casos em que se tem duas saídas e de acordo com a disponibilidade da rede elétrica, a recarga do veículo é realizada com correntes de 16 A ou 32 A, levando em torno de 2 a 6 horas para completar a carga de uma bateria com 40 kWh de capacidade.

Estes carregadores também oferecem vários recursos como, histórico de consumo e possibilidade de gestão de energia, monitoramento e controle do acesso, e capacidade de realizar cobrança pelo uso. Essas informações podem ser acessadas por

meio de um módulo de comunicação pelo celular ou computador, desta forma ajudando os proprietários do ponto de carregamento (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

5.5 Estação de carga rápida CC (*Fast charger DC*)

Conhecidos como eletropostos, *Fast charge DC* ou carregadores ultrarrápidos estes carregadores são os mais potentes existentes em operação, podendo realizar a carga completa da bateria de um veículo em poucos minutos, sendo ideais para postos de recarga, frotistas e rodovias.

Devido ao inversor que fornece energia em CC integrado em seu interior, possui grandes proporções físicas, conforme a Figura 38, ainda assim possuem saída para recarga em CA para quando for necessário ou desejável seu uso.

Deve-se atentar para carregar um veículo em uma estação de carga rápida, porque nem todos os veículos suportam carga em CC, pois para realizar esta recarga são necessárias proteções adicionais e um controle amplo de fornecimento de energia. Geralmente estes carregadores CC utilizam conectores específicos como, por exemplo, o combo sistema de carregamento combinado (CCS) ou *Charge de move* (CHAdeMO).

A carga por meio destes carregadores é realizada no nível de carga 3 que está disponível para ambas as correntes, CC e CA. Em CA a estação fornece energia em potência de 40 a 60 kW, já em CC, é fornecida energia em potência de até 400 kW, limitando a potência máxima de recarga do veículo. Devido aos altos valores de potência, a bateria é carregada completamente em pouco tempo (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

Figura 38: Estação de carga rápida



Fonte: Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.

Também é importante ressaltar que o carregamento rápido causa deterioração da vida útil das baterias, por isso este método de recarga deve ser utilizado somente em longas viagens ou operações onde seu uso se faz necessário.

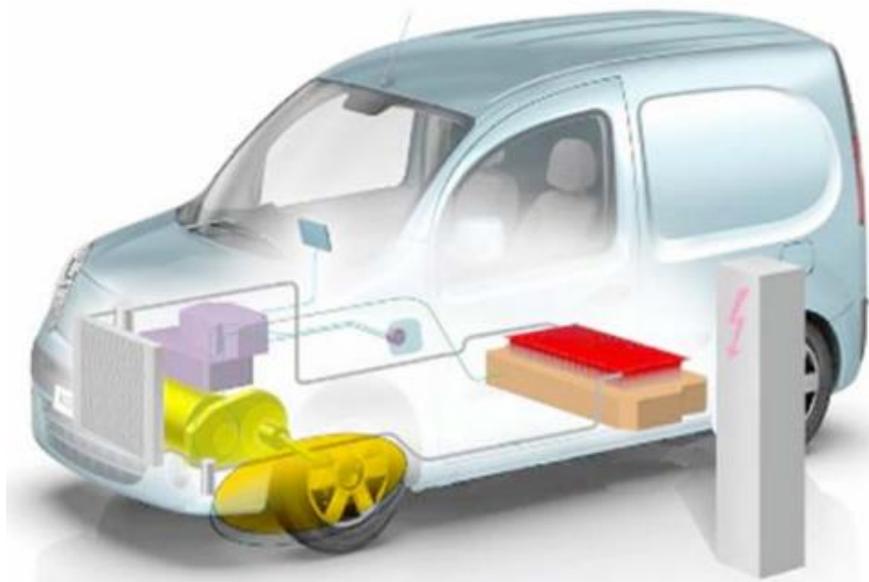
Além disso, as estações de recarga são bem caras podendo custar acima do valor do próprio veículo, deixando claro que seu uso é mais específico, onde existe a exigência de cargas em poucos minutos.

5.6 Carregador *wireless*

Com o objetivo de diminuir emissões de gases do efeito estufa e o uso de combustíveis fósseis na produção de equipamentos tais quais como cabos envoltos por borracha e outros tipos de plástico presentes em carregadores comuns, um método do estado de arte em desenvolvimento é o recarregamento de baterias automotivas de

carros elétricos através de um processo sem o uso do fio (KASHANI, 2022, p. 01). Esse processo está ilustrado na Figura 39.

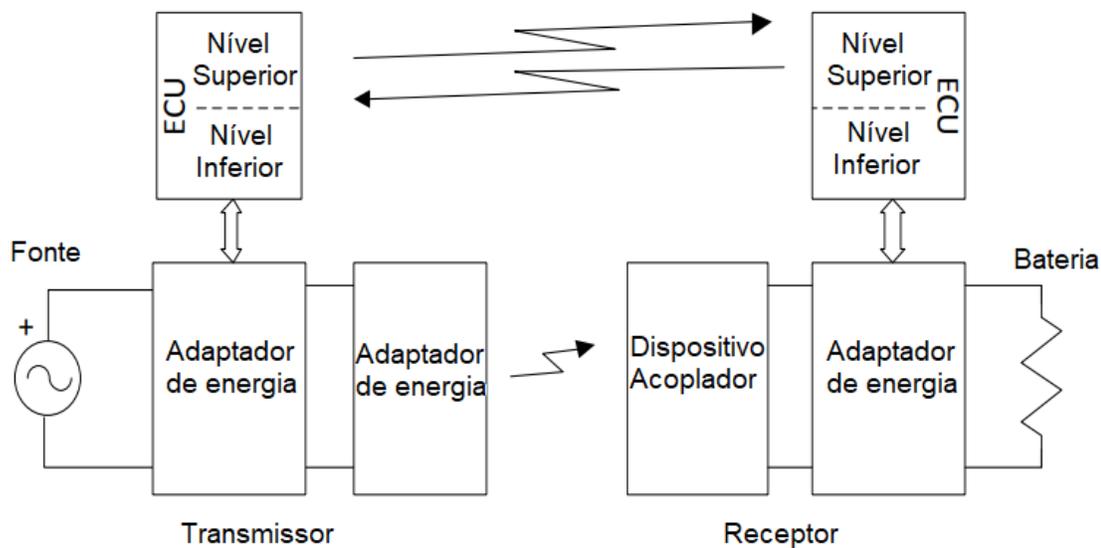
Figura 39: Recarregamento de bateria elétrica sem fio no Renault Kangoo



Fonte: (IBRAHIM, 2014, p. 02)

Um *Wireless power transmission system* (WPTS), sistema de transferência de energia sem fio, tem a estrutura composta por duas seções de potência isoladas eletricamente: o transmissor e o receptor, como ilustrado na Figura 40. O transmissor é enterrado no pavimento e é alimentado pela rede elétrica, o receptor é embutido no veículo elétrico e fornece energia para a bateria a bordo do veículo. Cada seção do WPTS consiste em um dispositivo de acoplamento e um conversor de energia. O dispositivo de acoplamento do transmissor gera um campo alternado, que pode ser elétrico, magnético ou eletromagnético já que qualquer campo elétrico alternado está associado a um campo magnético alternado e vice-versa. Na prática, quando a frequência das oscilações apresentadas é relativamente baixa, condições de campos quase estáticas prevalecem e o campo pode ser considerado elétrico ou magnético, dependendo do dispositivo de transmissão. No outro lado, o dispositivo receptor é interceptado pelo campo alternado gerado pelo dispositivo transmissor e, atuando como captador, recebe a energia transportada pelo campo (MUDE, 2015).

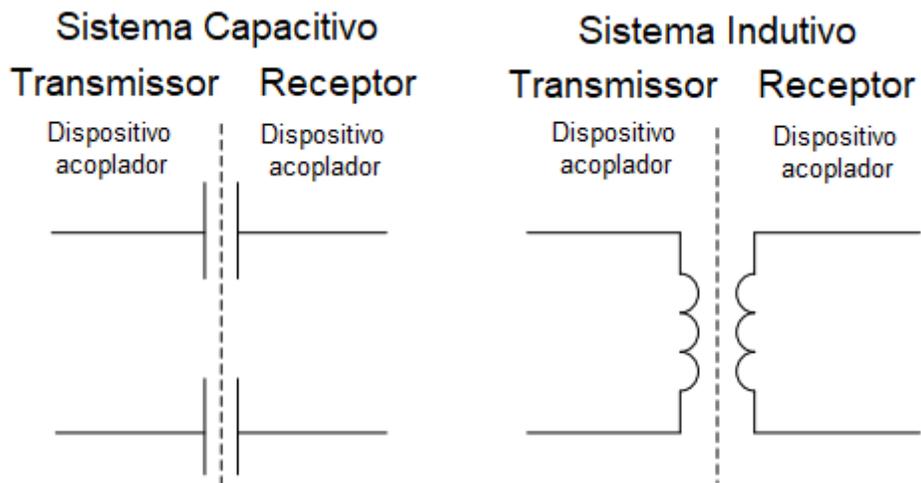
Figura 40: Estrutura WPTS



Fonte: Tradução e adaptação de MUDE, 2015, p. 15

O carregamento de baterias sem fio pode ocorrer de três formas: Indutiva, capacitiva, seus sistemas representados na Figura 41 abaixo, e radiante.

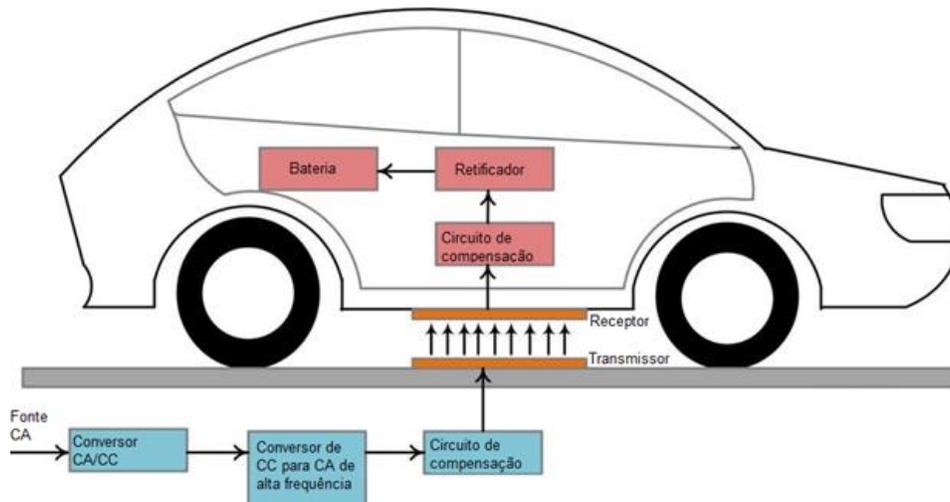
Figura 41: Representação de sistemas Capacitivos e Indutivos



Fonte: Traduzido e modificado de MUDE, 2015, p. 17

Os dispositivos de acoplamento dos WPTSs capacitivos, com ilustração exposta na Figura 42, são capacitores de dois planos com as placas do lado do transmissor voltadas para as placas do receptor. As principais vantagens dos WPTSs capacitivos são baixas perdas, emissões eletromagnéticas insignificantes e capacidade de transferir energia através de blindagens de metal sem originar correntes parasitas. Por outro lado, a densidade de energia que pode ser armazenada no espaço livre entre as placas é comparativamente baixa e, conseqüentemente, o uso dos WPTSs capacitivos é limitado a aplicações de baixíssima potência (MUDE, 2015, p. 16).

Figura 42: Ilustração da rota da energia em um automóvel elétrico recarregado de forma sem fio e capacitiva.



Fonte: Traduzido de PADMANABAN, 2020

De acordo com tradução de Chawla e Tosunoglu (2012, p. 01) “O carregamento indutivo funciona com base no princípio em que dois sistemas de energia são colocados muito próximos uns dos outros. Eles não devem ser expostos ou conectados uns aos outros. Cada um desses sistemas contém uma bobina elétrica”. A bobina transmissora é alimentada por uma CA de alta frequência, geralmente entre 10 kHz e 150 kHz, e outra receptora, que é o meio para armazenar eletricidade para o uso do dispositivo. A proximidade das bobinas umas com as outras resulta na geração de um campo elétrico de baixa potência que as conectam. Esse campo permite a transferência de eletricidade

entre os dois sistemas (tradução de MUDE, 2015, p. 16). Devido a maior densidade de energia do campo magnético no espaço livre, os WPTSs indutivos são capazes de lidar com uma potência muito maior do que os capacitivos e podem operar em níveis de potência mais altos. Em contraste com essas vantagens, eles sofrem de perdas nas resistências das bobinas, não operam se um corpo metálico for interposto entre as bobinas, e produzem interferências eletromagnéticas notáveis (MUDE, 2015, p. 16).

Abaixo, exposto na Figura 43, mostra-se uma via com faixa dedicada a carregamento dinâmico de carros elétricos à indução no Reino Unido também conhecida como *e-road*.

Figura 43: Rua com faixa dedicada ao recarregamento dinâmico por carga indutiva.



Fonte: (Pavey, 2023)

Outra forma de realizar o recarregamento sem fio é através de WPTSs utilizando ondas eletromagnéticas. Isso é possível utilizando uma transmissão de ondas eletromagnéticas direcionáveis de alta frequência tais como as de micro-ondas e amplificação da luz por emissão estimulada de radiação, em inglês, *light amplification by stimulated emission of radiation* (LASER).

Transmissão de força via ondas de rádio possibilita um alcance maior de recepção de energia com valores de 50 W até 300 W em frequência de 3 GHz (MUDE, 2015, p. 17).

Essa solução possibilita a resolução do problema de interferência com aparelhos eletrônicos e materiais metálicos, entretanto, apresenta pouca eficiência energética e apresenta a necessidade de ter acesso visual ao receptor de energia, o que dificulta seu uso em situações climáticas adversas (MUDE, 2015, p. 17).

6. Modelos de conectores

Grande parte dos veículos elétricos são recarregáveis através de dois tipos de entrada de carga, são elas, CA ou CC, podendo-se utilizar diferentes tipos de conectores, os conectores comumente oferecidos são:

6.1 Tipo 1 (SAE J1772)

Este modelo, conforme Figura 44, é muito utilizado na região asiática e norte americana, ele permite cargas com potência de 3,7 kW (carga lenta) até 7,4 kW (carga rápida), tensão entre 230 V e corrente entre 32 A.

Este tipo de conector possui pinos fase, neutro, terra e dois para comunicação com o veículo e proteção para travar o plugue e evitar desconexão. Na tentativa de unificar os padrões de carga CC e CA, os fabricantes adicionaram mais dois grandes pinos à tomada Tipo 1 para o carregamento rápido em CC, desta forma tornando o conector em um CCS. Com esta combinação, o padrão Tipo 1 passa a se chamar CCS1 e suportar recargas em potência de até 350 kW. Os fabricantes compatíveis com esse padrão são: Citroën, Chevrolet, Ford, Kia, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot e Toyota (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

Figura 44: Padrões Tipo 1 (SAE J1772) e Tipo1 combinado CCS1



Fonte: Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.

6.2 Tipo 2 (IEC 62193)

Este conector geralmente chamado de “mennekes” foi projetado para carregamento em rede trifásica com CA, este conector possui fios adicionais e suporta recargas em potência de até 22 kW (400 V e 32 A). A distribuição dos pinos do conector Tipo 2 é similar à do Tipo 1, porém no caso, são adicionados dois pinos a mais que são às fases extras necessárias para realizar o carregamento em rede trifásica.

O Tipo 2, conforme Figura 45, também funciona tanto como um conector CA de carga lenta (até 3,7 kW), quanto de CA de carga rápida (até 22 Kw). Assim por conta da rede trifásica ele permite maior capacidade de carga se tornando um carregador mais rápido se comparado ao Tipo 1. As estações de recarga com este tipo de conector também podem ser ligadas a rede monofásica, porém o veículo será carregado com menor potência e conseqüentemente de forma mais lenta.

Assim como no conector Tipo 1, neste também há a possibilidade de se adicionar dois grandes pinos para o carregamento rápido em rede CC, desta forma ele passa a ser conhecido como CCS2, suportando também recargas em potência de até 350 kW. Os fabricantes compatíveis com esse padrão são: *Audi, BMW, Mercedes-Benz, Renault, Smart, Tesla, Volkswagen e Volvo* (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

Figura 45: Padrões tipo 2 (IEC 62196) e tipo 2 combinado CCS2



Fonte: Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.

6.3 GB/T 20234

Este modelo, conforme Figura 46, apesar de se parecer com o conector Tipo 2, eles não são compatíveis fisicamente, foi projetado para atender as normas de carregamento em CA da China com potência de até 32 kW (400 V e 32 A) sendo interligado em rede trifásica. Este padrão para funcionar em CA, possui conectores do Tipo 2 macho em suas extremidades e conectores fêmea que ficam no veículo.

Também há uma variação deste conector, no caso o GB/T 20234 DC que corresponde ao padrão chinês de carga rápida e suporta carregamento em potência de até 250 kW. O padrão para CC possui 5 pinos para alimentação, onde 2 são para alimentação da bateria principal em CC, 2 para alimentar a bateria auxiliar de baixa tensão e 1 pino terra, além dos 4 pinos de sinal onde, 2 são para controle de proximidade e os outros 2 para comunicação. Os fabricantes compatíveis com este modelo são: BYID, JAC, CHERY etc (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

Figura 46: Padrões GB/T 20234 e GB/T 20234 DC



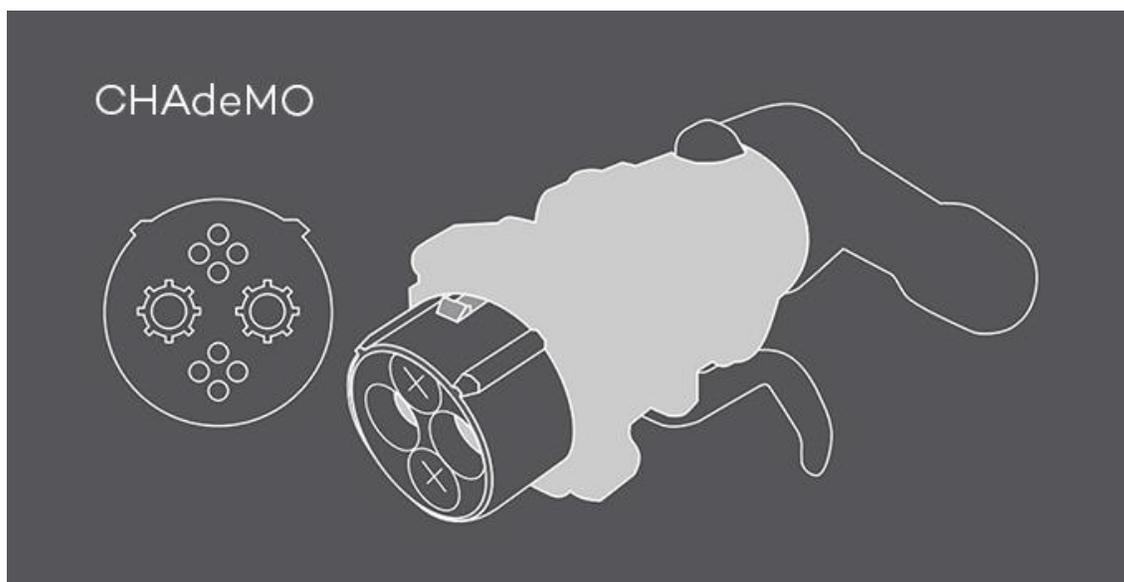
Fonte: Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.

6.4 CHAdeMO

O carregador CHAdeMO, conforme Figura 47, é um sistema desenvolvido no Japão para carregamento rápido em CC. Este conector suporta altas capacidades de carregamento e carregamento bidirecional, este modelo oferece energia em potência de até 100 Kw, mas há especificações revisadas que permitem potência de até 400 Kw (1.000 V e 400 A) (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

O CHAdeMO contém 3 pinos para alimentação e outros 6 conectores de comunicação. Ele também possui uma tecnologia que não está presente em nenhum outro conector, a do veículo para elemento X, em inglês, *Vehicle-to-everything (V2X)* que é a tecnologia que permite comunicação do veículo através de rede WLAN com outros veículos, infraestrutura, rede elétrica, dispositivos, rede de comunicação e pedestres. Os fabricantes compatíveis com este modelo são: Citroën, Honda, Kia, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Peugeot, Subaru, Toyota, BD Automotive e Tesla se usado com adaptador (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

Figura 47: Padrão CHAdeMO



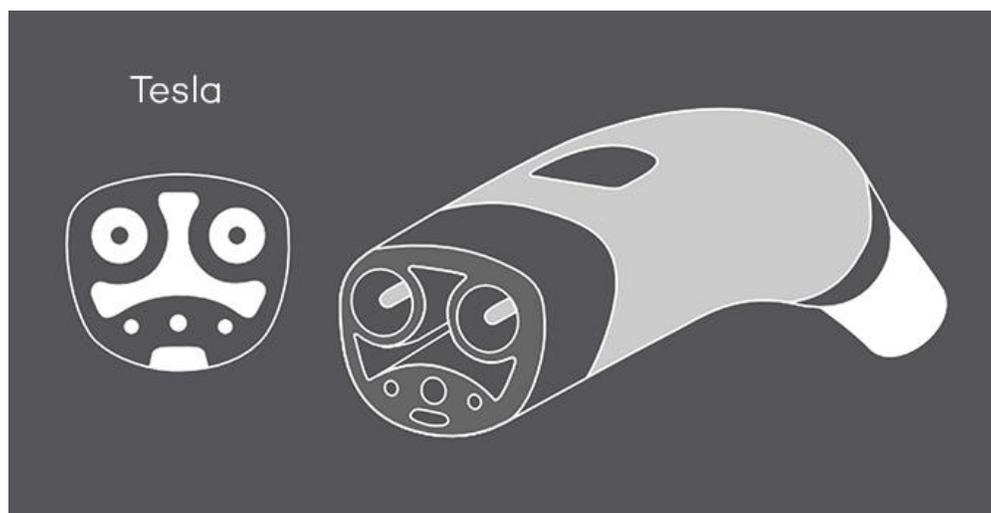
Fonte: Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.

6.5 Tesla

Juntamente com o lançamento de seus veículos, a multinacional Tesla criou seu próprio padrão de conector, conforme Figura 48, que foi projetado para carregar o veículo tanto em CC quanto em CA, com o mesmo conector.

O conector Tesla possui 3 pinos para alimentação e 2 conectores para sinal, ele suporta cargas de até 150 kW, porém somente os veículos da Tesla conseguem utilizar os carregadores da marca. Alguns modelos de carro da Tesla também utilizam o padrão Tipo 2 com carregamento CC integrado para realizar carregamento ultrarrápido, a marca oferece também adaptadores para se realizar a recarga em estações CHAdeMO e CCS (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

Figura 48: Padrão Tesla



Fonte: Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.

Na Figura 49 abaixo podemos verificar um veículo Tesla com suas entradas para os padrões *TESLA* e Tipo 2.

Figura 49: Tomada de um veículo padrão Tesla



Fonte: Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.

6.6 Conector de 3 ou 5 pinos

Os conectores de três pinos, conforme Figura 50, são bem comuns nos carregadores portáteis que são utilizados para carregar o veículo geralmente durante a noite na tomada residencial ou em casos de emergência. Este padrão de três pinos normalmente suporta cargas de até 7,4 kW (220 V, 32 A), já o de cinco pinos suporta potência de até 22 kW (380 V, 32 A) (Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.).

Figura 50: Conectores padrão residencial



Fonte: Tipos de Carregadores para Carros Elétricos, s.d.

7. Modos de aplicação em áreas verdes

A aquisição de infraestrutura de carregamento é o principal impulsionador da implementação, sua aquisição pode ser realizada pelo principal utilizador da infraestrutura de carregamento (proprietário particular), pela estação de carregamento prestadora de serviços (pontos de reabastecimento comerciais), ou pela autoridade governamental responsável por fornecer infraestrutura de carregamento.

A disponibilidade do terreno exige o espaço necessário para carregamento de VEs. Pode ser de propriedade da instituição compradora, ou pode ser adquirida em acordos alternativos (divisão de custos e lucros, por exemplo).

O fornecimento de energia para todos os carregadores de VEs é feito pela concessionária responsável pela distribuição de energia na região onde está localizada a instalação de carregamento.

O suprimento, instalação e manutenção de carregadores para VEs podem ser fornecidos por um fabricante especializado ou varejista, esses por vez geralmente são responsáveis pela seleção e instalação do arranjo necessário de carregadores.

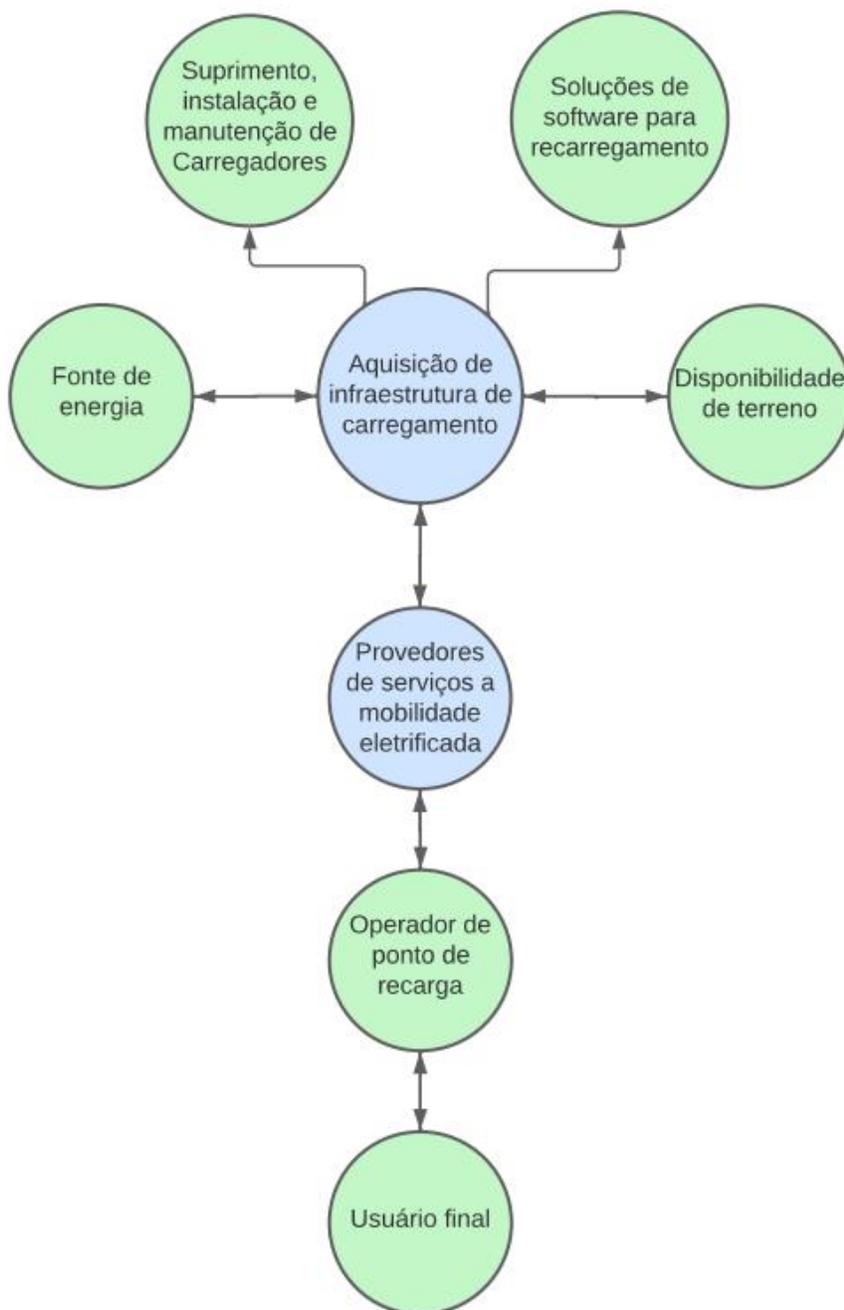
Soluções de software para carregamento serão utilizadas pelos operadores responsáveis pelos pontos de recarga para gerenciar sua rede de pontos de carregamento, rastrear e controlar sessões de carregamento, executar diagnósticos no carregador e para outros serviços para gerenciar assinaturas de clientes, preços de estruturas etc.

Soluções de carregamento podem ser oferecidas como soluções de *White label* (modelo de negócio em que um produto ou serviço desenvolvido por determinada empresa pode ser revendido por outras empresas ou pessoas físicas sem divulgação dos direitos autorais, ou seja, como se a inteligência por trás do produto fosse da marca que o revende) de fornecedores terceirizados, ou pode ser desenvolvido internamente pelos operadores que são responsáveis pelos pontos de recarga.

A aplicação do Sistema da zona verde tem foco no centro urbano. Para isso é necessário analisar as características do ambiente em questão, sua implementação

envolve diversos requerimentos que podem ser assumidos em parceria de diversas instituições, como exposto na Figura 51.

Figura 51: Típicas funções para a implementação da infraestrutura de recarga à veículos elétricos



Fonte: Modificado e traduzido de KANT, SINGH, KASSI, SHARMA, KANURI, DAS, MULUKUTLA, (2021).

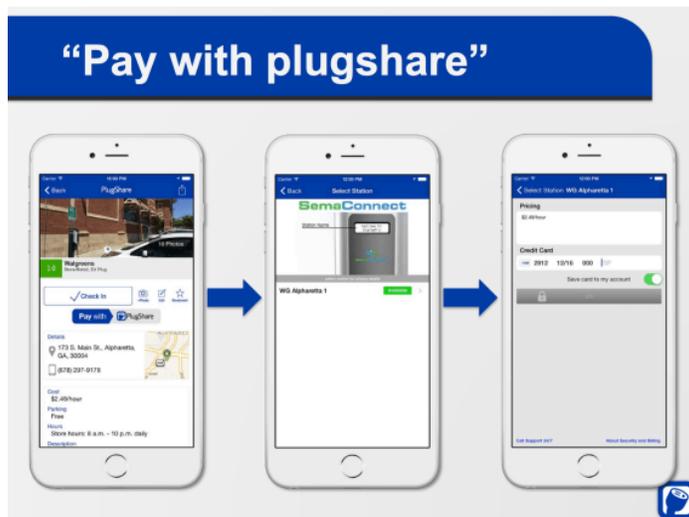
Fatores como: facilidade para o fornecimento de energia elétrica na potência necessária, incluindo condições de acesso à rede de distribuição de energia elétrica local, compatibilidade com as características do carregador (valor da tensão, número de fases, neutro e terra de proteção), e capacidade ociosa do alimentador (em baixa tensão) em relação à demanda horo sazonal de energia no ponto de recarga do carregador; Facilidade para instalação, incluindo os cabos do carregador, sem atrapalhar a circulação de pessoas e veículos; Maior índice de visibilidade possível, tanto para pedestres quanto para motoristas, como forma de evitar vandalismo e poluição visual; Conforto e segurança para o usuário; Disponibilidade de iluminação próxima que permita a visualização noturna de instruções e controles do equipamento, e no entorno do veículo, para qualquer localização da tomada; Garantia de não ser área classificada sem as devidas adequações para mitigação de risco, de acordo com a Norma regulamentadora (NR) 10; Rigidez mecânica da estrutura civil (muro, parede etc.) para suportar o tipo de carregador a ser utilizado e seu manuseio, além de facilidade para instalação de eletroduto com diâmetro adequado, ou eletrocalha, para os condutores elétricos; Espaço livre superior a 50 cm nas laterais e parte superior do equipamento para permitir ventilação e, caso tenha porta traseira, espaço suficiente para o fácil acesso posterior.

Essas informações foram obtidas no guia de instalação de equipamentos de recarga para grandes demandas (PROCOBRE, 2020).

Atualmente existem aplicativos de *smartphone* para facilitar o processo de recarga do automóvel, já que graças as centrais multimídias modernas, proeminentes em veículos novos, já oferecem um serviço de conectividade ao automóvel. Um aplicativo proeminente é o *plugshare*, que consegue encontrar o carregador EV mais próximo em relação a sua posição.

Aproveitando-se da ideia do uso público, existe inclusive a possibilidade de usar o aplicativo para realizar o pagamento da recarga, representado conforme a figura 52:

Figura 52: Aplicativo *plugshare*



Fonte: ZACH, 2016

No Quadro 11 observa-se a utilização mais adequada para cada tipo de recarregador elétrico de automóveis de acordo com a necessidade do mesmo em um ambiente urbano:

Quadro 11: Três conceitos de utilização distintos para carregadores de veículos híbridos e elétricos.

	RECARGA	LOCAIS / APLICAÇÃO	EQUIPAMENTO	
PRIVADA	DOMESTICA	Garagens Residencias, Condominios		
PUBLICA	URBANA	Cidades Estacionamento Condominios		
	RODOVIAS CARGA RAPIDA	RODOVIAS Cidades, Postos Abastecimento, Estacionamentos		

Fonte: Modificado de SOUSA, 2018, p. 08

A aplicação de várias formas de carregamento de todos os tipos de carregadores é necessária para permitir uma transição completa para eletricidade veículos. Para cumprir metas ambiciosas de veículos elétricos e garantir flexibilidade para todos os motoristas, as cidades precisarão de muito mais pontos de carregamento públicos, em casa e nos locais de trabalho; um crescimento de mais de 20% em pontos de carga a cada ano (HALL e LUTSEY, 2020, p. 08).

Em geral, a infraestrutura de carregamento deve crescer juntamente ao estoque de veículos elétricos, porém pontos de carregamento públicos, incluindo carregadores rápidos CC, também podem ajudar a alcançar metas quando casas particulares e cobrança no local de trabalho são inviáveis em condições específicas. Embora algumas estações de carregamento possam experimentar baixa utilização hoje, elas serão mais utilizadas com o tempo, já que a maioria dos estacionamentos com capacidade elétrica e demanda de estacionamento eventualmente se beneficiarão com o carregamento.

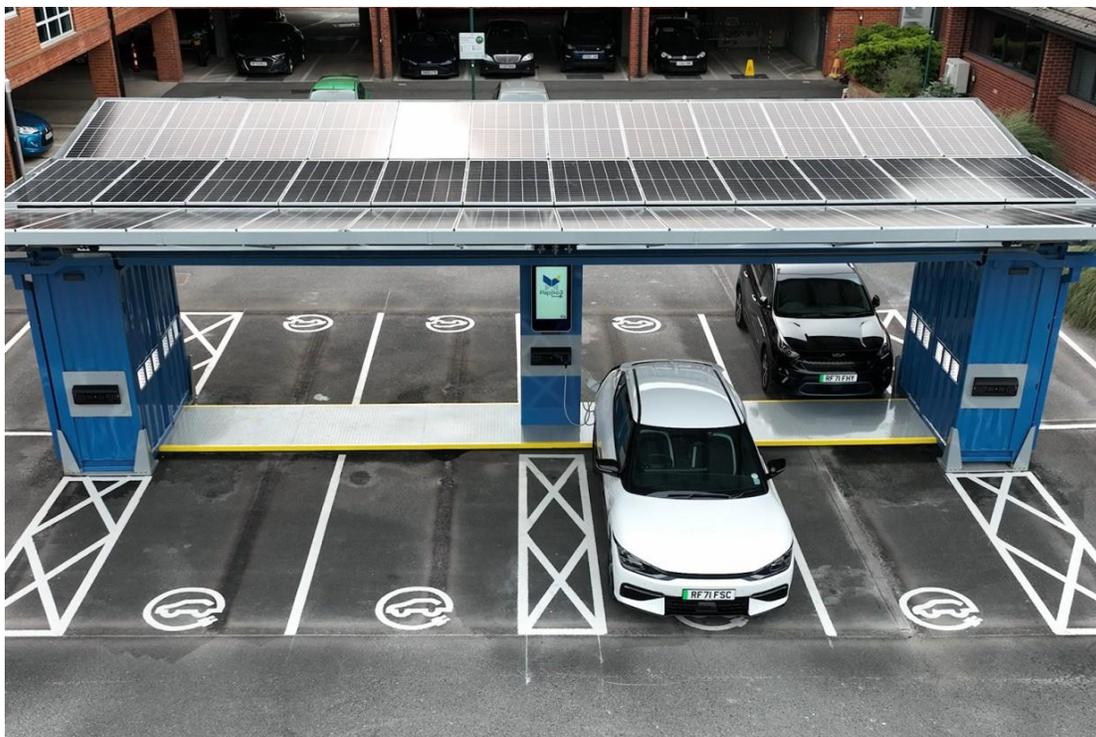
Cada cidade pode planejar suas necessidades de carregamento exclusivas. A combinação das necessidades de carregamento de uma cidade, como pontos públicos e privados, ou opções de carregamento rápido e regular, seria idealmente basear-se nos fatores locais de cada cidade, incluindo fluxo de população/trânsito, padrões, tipos de veículos, estimativa do crescimento da frota de veículos elétricos e rede elétrica. Embora as estatísticas de carregamento, como a taxa de veículos elétricos por ponto de carga, possam ser úteis para comparações de cidades, essas estatísticas não devem servir como parâmetros universais e imutáveis para implantação futura.

Por meio de sua própria avaliação baseada em dados, um órgão público pode determinar o quanto deve ser cobrado pelo serviço, o tipo que é necessário, consultar as instituições investidoras, desenvolver políticas que promovam investimentos do setor privado. Tais avaliações seriam idealmente refinadas e atualizadas com as mudanças nas condições do mercado, feedback dos usuários, e melhorias tecnológicas. A longo prazo, os planos da cidade podem incluir um plano abrangente de infraestrutura de carregamento para permitir mobilidade somente com emissão zero (HALL e LUTSEY, 2020, p. 20).

7.1 Recarga pública urbana estática em estacionamentos

Um modo de aplicação do sistema de áreas verdes é a aplicação em estacionamentos de espaços públicos (Aeroportos, Shoppings, Estádios etc.). Pois apresentam grande área de vagas disponíveis a veículo que possam utilizá-los, grande fluxo de tráfego, e dependendo do ambiente (que pode ter um teto/telhado ou não), é uma boa maneira de experimentar as diversas condições de uso, inclusive utilizar métodos de geração de energia alternativos a uma subestação, como painéis fotovoltaicos, representados na Figura 53, e geradores eólicos verticais, que apesar de apresentarem baixa eficiência energética para um carregador, auxiliam a infraestrutura elétrica, assim diminuindo a possibilidade de um eventual pico de consumo de energia. Na Figura 53 são mostradas as características que fazem dos carregadores de carga lenta e semirrápida os mais adequados a serem utilizados em áreas públicas de centros urbanos.

Figura 53: Estacionamento com placas fotovoltaicas retráteis.



Fonte: (ATTWOOD, 2022)

Os centros urbanos são grandes desafios logísticos para usuários de transporte em geral, devido a fatores como crescimento populacional, mudanças de infraestrutura rodoviária e evolução dos automóveis e seu impacto no ambiente.

Com isso, um dos maiores atrativos em relação a veículos elétricos a serem utilizados em ambientes urbanos seria a utilização das estações de recarga em momentos cotidianos, em que o ambiente que o indivíduo exerce seu trabalho, também pode ser o local de reabastecimento de seu veículo como exposto na Figura 54.

Figura 54: Características de recarregamento público urbano



~
AC

▪ **Equipamento de Carga LENTA ou SEMI-RAPIDA**

- Recarga de 1,5h ate 8 horas em média

▪ **Recarga Durante o dia**

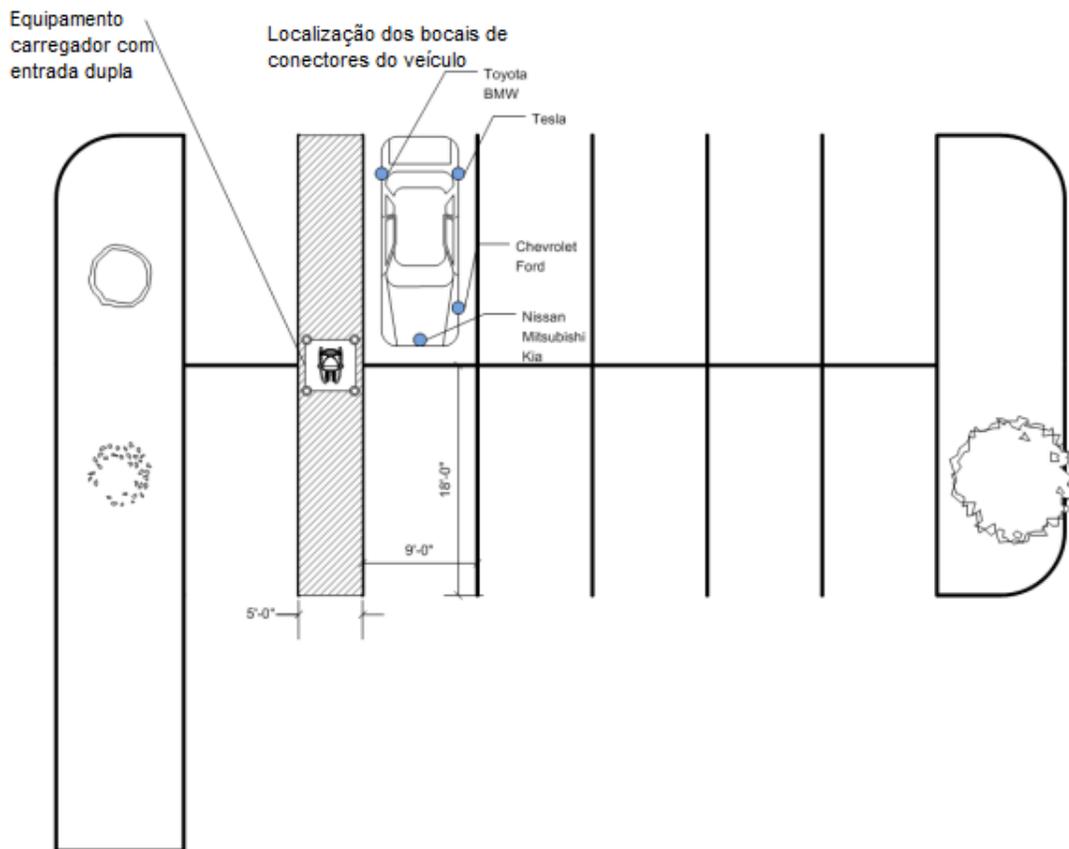
UTILIZAÇÃO:

- **CARGA PONTUAL –**
 - Escritório
 - Reunião
 - Estacionamento (zona Azul)
- **CARGA de Parcial – <= 100%**

Fonte: SOUSA, 2018, p. 10

Na Figura 55 observamos a esquematização de uma possível aplicação a um carregador estilo *pole/totem* em um canteiro com vagas perpendiculares, capaz de fornecer carga para até 4 veículos diferentes, enquanto isso na Figura 56 observamos carregadores alinhados em um canteiro para fornecer abastecimento a vagas em ambos os lados, ou seja, cada totem fornece energia para dois automóveis.

Figura 55: Exemplo de esquema para ponto de recarga em estacionamento de vagas perpendiculares com canteiro perpendicular



Fonte: Modificado e traduzido de Electric Vehicle Charging Station Guidebook, 2014, p. 21

Figura 56: Carregadores para vagas de estacionamento perpendiculares, com canteiro paralelo.



Fonte: GHANIZADEH-KHOOB; FLEAR, 2022

7.2 Recarga pública urbana estática em ruas (calçadas)

Esse é o modo mais em sintonia com a realidade das cidades do Brasil, pois muitas ruas utilizam o modo de vagas em paralelo ao lado da calçada. Com isso em mente, é possível já utilizar uma estrutura comum a rua: os postes de energia e iluminação.

Desde que existam na região de implantação, postes são candidatos perfeitos a implementação de carregadores de VEs pois já são parte da infraestrutura elétrica, e já servem como plataforma de instalação para os carregadores, principalmente em cidades que não possuem fiação elétrica no subterrâneo devido ao alto custo e também risco de enchentes.

Já em ambientes que não possuem postes, tanto de iluminação ou de fiação, mas possuem fiação subterrânea, um *pop-up* pode ser o ideal, já que o mesmo pode ser retraído no solo e erguido através de um comando por aplicativo e/ou proximidade de veículo requisitante de recarga como o mostrado na Figura 57, e o mesmo aplicativo indicaria a localização do recarregador já que sua visualização é difícil quando o recarregador não estiver sendo utilizado. Entretanto, o fato de utilizar um mecanismo para erguer e retrair o recarregador exigirá custos extras para a sua instalação e manutenção.

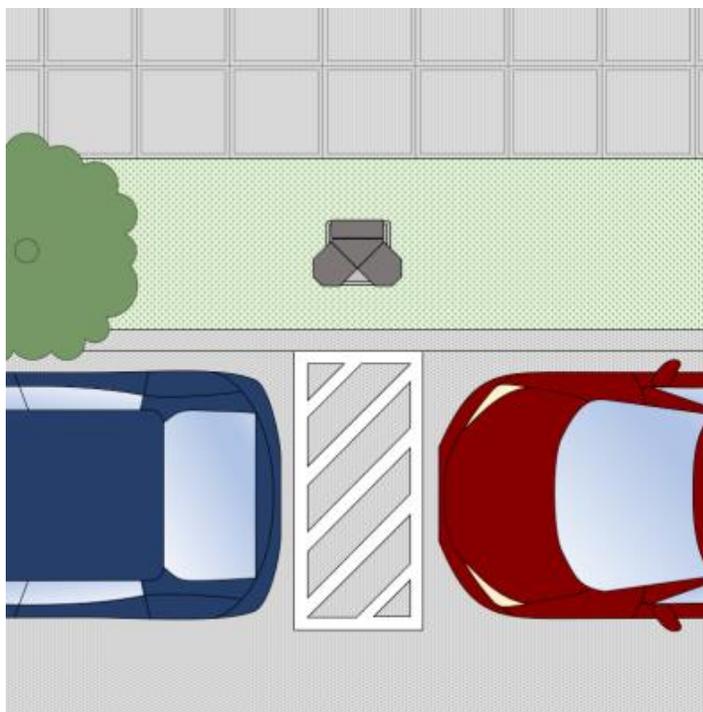
Figura 57: Recarregador tipo pop-up



Fonte: (HULL, 2019)

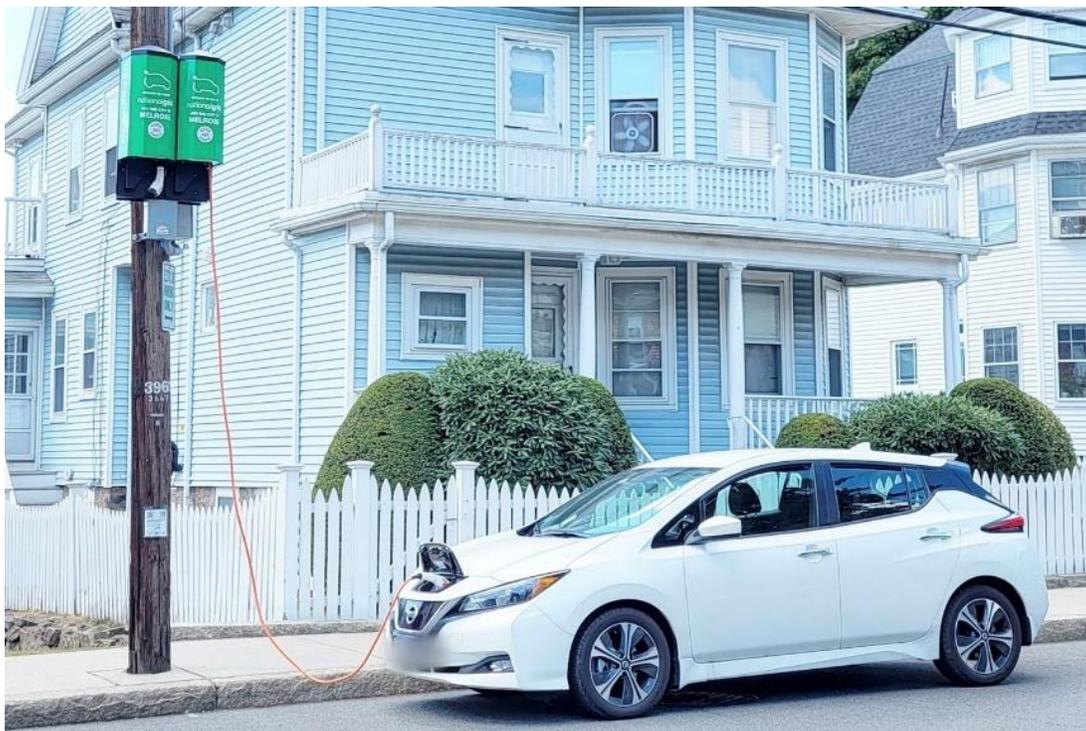
Na figura 58 temos uma renderização que mostra uma ideia de como um carregador pode ser montado na calçada, a fim de fornecer energia a dois automóveis diferentes.

Figura 58: Renderização do design de carregador na calçada para vagas paralelas da cidade de Seattle-EUA



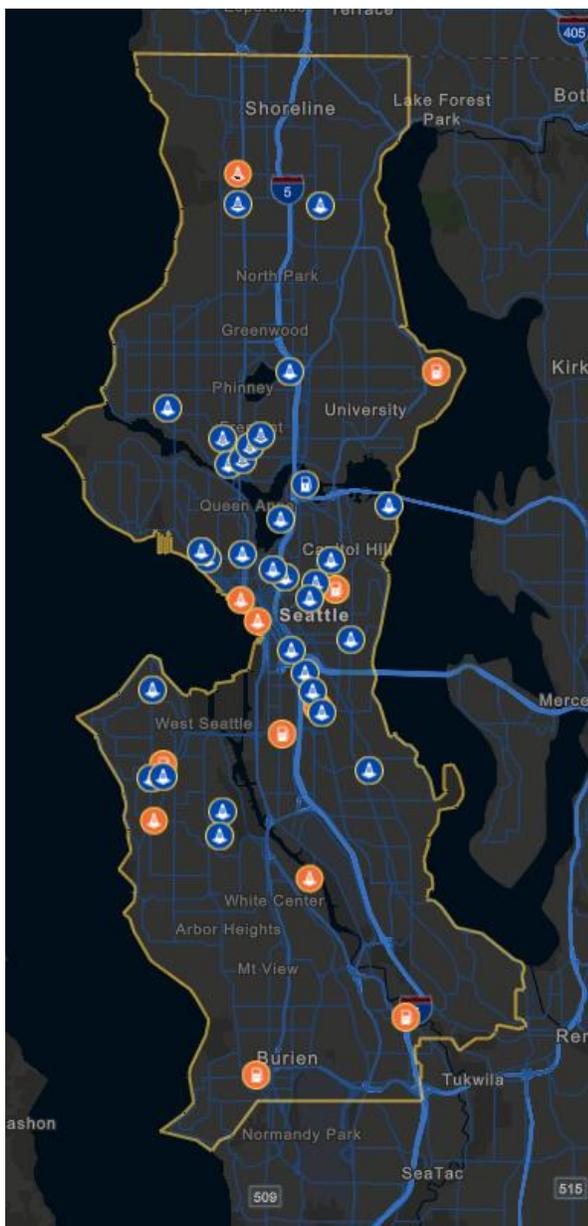
Fonte: Curbside Level 2 EV Charging, s.d.

Na Figura 59, a representação de uma das dezesseis estações de recarregamento da empresa multinacional britânica, *National Grid* estilo Rapunzel, devido a posição do equipamento em relação à altura do solo, entraram em uso nos Estados Unidos em agosto de 2022. Essas unidades foram adquiridas pela prefeitura da cidade de Melrose, com o intuito de acelerar a difusão de uma rede de carregadores elétricos.

Figura 59: Carregador da *National grid*

Fonte: (SHAKIR, 2022)

Especialistas dos departamentos de transporte de Seattle e iluminação da cidade reveem requisito de instalação com base em critérios como local, número de possíveis beneficiados na área, disponibilidade da infraestrutura e tipo de propriedade. Durante o verão de 2022 mais de 1.800 (mil e oitocentos) pedidos foram realizados (traduzido de *Curbside Level 2 EV Charging*, s.d.). Esse projeto entrará em sua fase de acesso ao público no primeiro semestre de 2023 com 50% de sua construção concluída, e previsão de 100% até o fim do verão de 2023 no hemisfério norte. Até o momento, todos os pontos de carregamento foram instalados com base em áreas designadas de acordo com sua localização, com 12 planejadas para serem instaladas em postes de madeira, 6 em postes metálicos novos e 13 pontos designados em pedestais designados apenas para o carregador em si. Na Figura 60, abaixo mostra-se os pontos de recarga localizados na cidade de Seattle, até o momento, esse número encontra-se em 43, o custo de recarga é cobrado de acordo com o tipo de recarga, quanto mais rápidas, mais caras (traduzido de *Curbside Level 2 EV Charging*, s.d.).

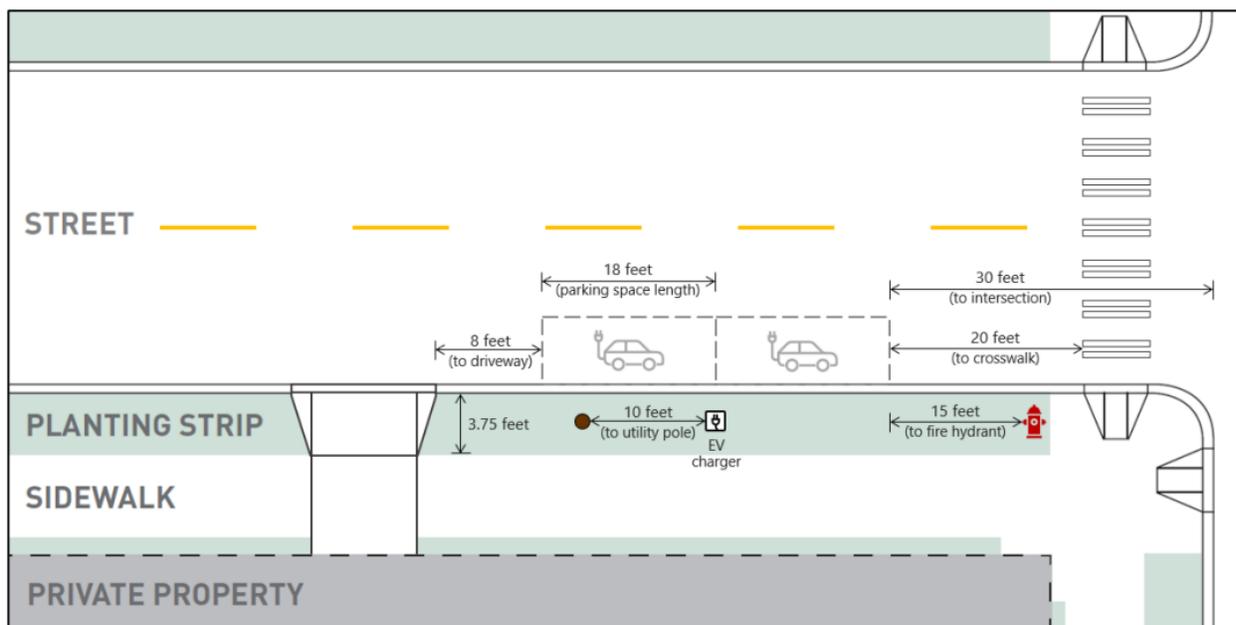
Figura 60: Pontos de recarregamento na cidade de Seattle do Projeto *Curbside level 2*

Fonte: (EXPERIENCE, s.d.)

Na Figura 61, tem-se a representação das exigências básicas para a montagem de um recarregador de pedestal próprio, em uma rua da cidade de Seattle. Nela observamos as medidas determinadas no projeto onde: comprimento da vaga equivale à 18 pés (ft), que equivale à 5,5 metros (m); as distâncias entre a extremidade da vaga e a rampa de acesso de veículos, hidrante, faixa de pedestres e cruzamento equivale à 8 ft (2,43 m), 15 ft (4,57m), 20 ft (6,1 m) e 30 ft (9,14m) respectivamente; a distância entre

o carregador e o poste de utilidade pública equivale à 10 pés (3,05 m) e a distância entre a calçada e a faixa de plantio equivale à 3,75 ft (1,14 m).

Figura 61: Ilustração de requerimentos mínimos de distância para a instalação de carregadores em Seattle-EUA



Fonte: *Curbside Level 2 EV Charging*, s.d.

Outra maneira a se utilizar recarregadores em vagas próximas a calçadas é através de carregadores sem fio, como exposto na Figura 62. A vantagem da utilização de carregadores sem fio deve-se ao fato de não ser necessário a utilização de cabos conectados aos veículos e ao ponto de carregamento, entretanto para a utilização desse carregador, o veículo em si deve possuir a tecnologia para o receptor de energia no assoalho do veículo para receber a carga elétrica.

Figura 62: Teste de recarga sem fio indutiva realizada pela Volvo



Fonte: Panaro, 2022

7.3 Recarga pública urbana dinâmica em faixas dedicadas

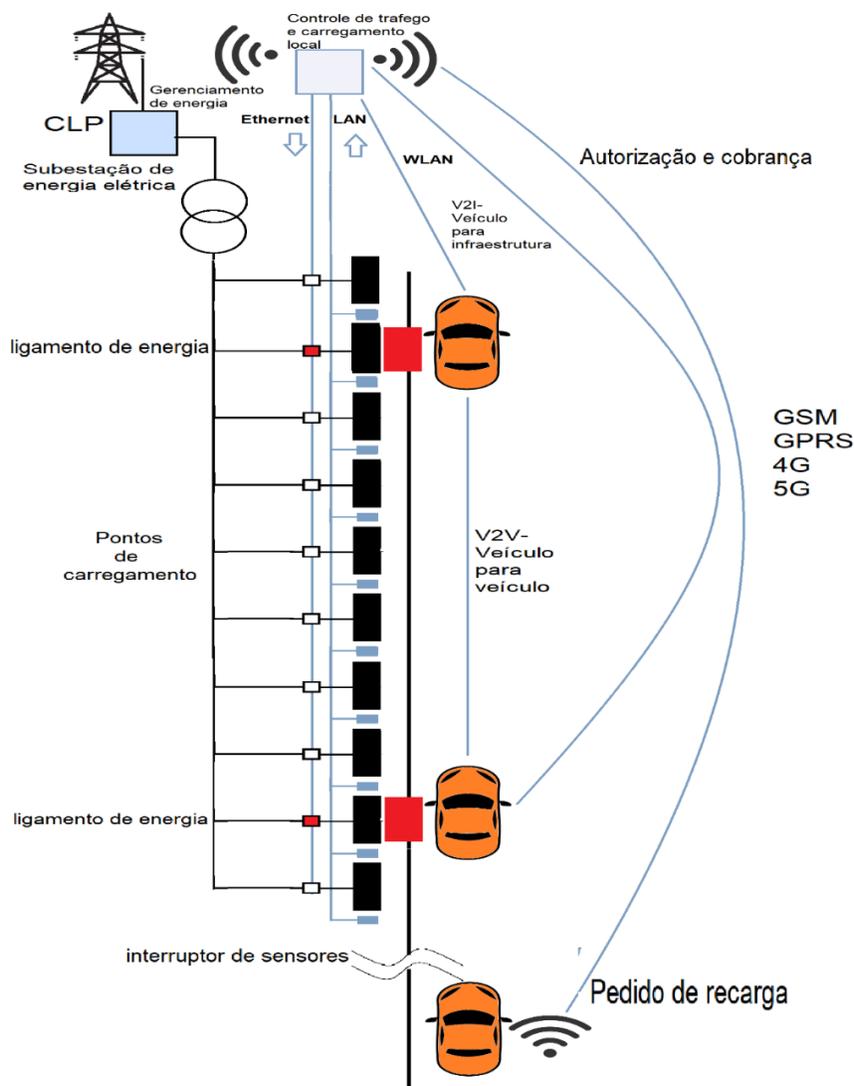
Uma utilização mais alinhada com o estado da arte de recarga de veículos elétricos e eletrificados, é a recarga contínua em uma via em que o veículo possa trafegar sem parar e não precise utilizar cabos, é denominada a recarga dinâmica.

A recarga dinâmica necessita da construção de uma via específica para o seu uso, já que, os cabos de energia elétrica encontram-se enterrados no solo, e utilizam um material transmissor de energia para o receptor do automóvel.

Essa tecnologia, entretanto, apresenta desafios, tais como o desgaste médio do sistema em uma rodovia que será sujeita as intempéries de uma rua comum, como absorção de água no solo, relevo, peso sobre o asfalto. Na Figura 63, é representado o princípio esquemático de soluções em tecnologia de informações e comunicações (TIC) relacionadas a operação de secção rodoviária em que o veículo pode realizar um pedido de recarga a uma central de atendimento que através de serviços de redes locais de área (LAN) e redes locais de área sem fio (WLAN), comunicam-se com um sistema ligado a controladores lógicos programáveis que disponibilizam a energia elétrica necessária originada de uma subestação. Esse sistema pode ainda diferenciar veículos uns dos outros para providenciar uma maior individualidade de serviço e menor desperdício de energia, já através de sensores, é possível determinar a posição dos veículos.

Esse seria o sistema de aplicativo via smartphone/ computador que poderia indicar, ou até mesmo reservar um trecho de via rodoviária para o recarregamento de um veículo em andamento, sem a necessidade de parada.

Figura 63: Princípio esquemático da infraestrutura elétrica e soluções de TIC relacionadas à operação de carregamento indutivo dinâmico na estrada

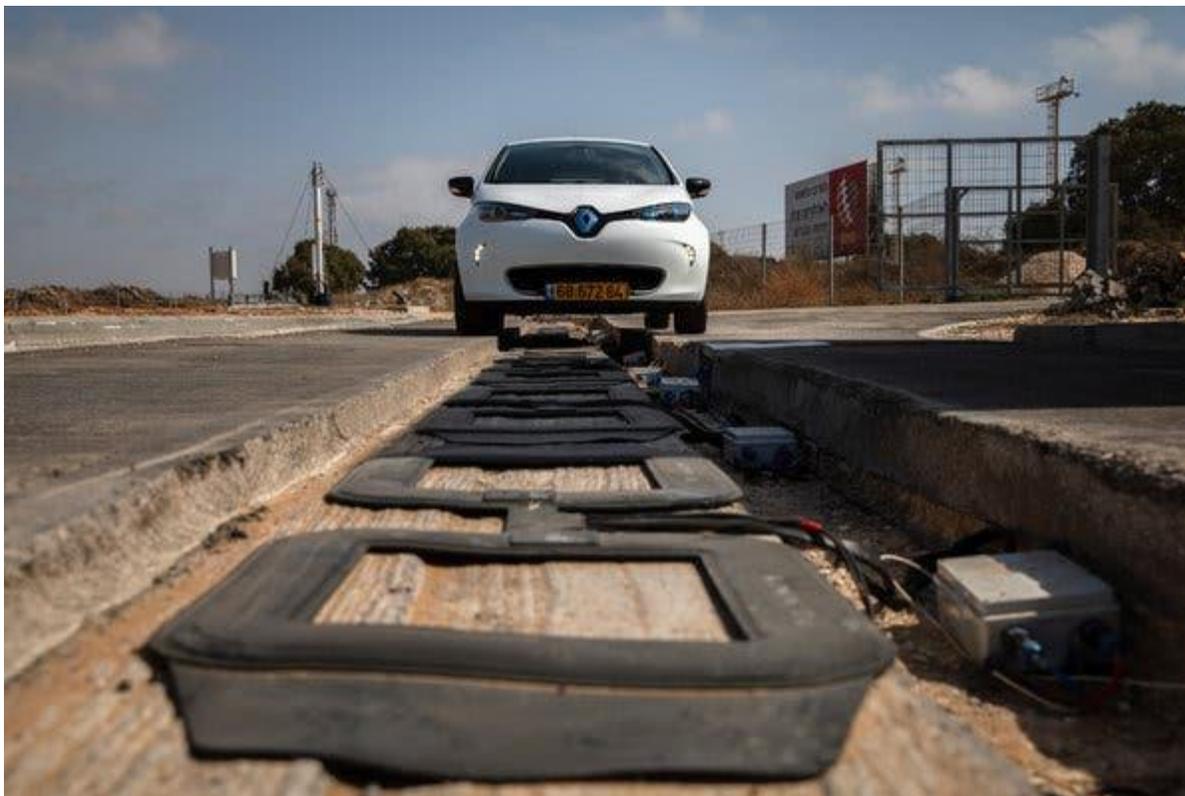


Fonte: Modificado e traduzido (PERRIN, MEIJER, RAVELLO, ADMITIS, NABEREZHNYKH, PANDAZIS, 2014).

Acordos de empresas como Tesvolt com Stercom *power solutions*, apresentam intenções de adotar estradas com recarregamento indutivo com capacidade de 200 kW

até o ano de 2030, o que é grande salto dos atuais 3,2 kW. Rotas de estradas com recarregamento sem fio já existem em países como Suécia, Israel, Itália e França (FLAHERTY, 2021). Na Figura 64, um Renault Zoe equipado com equipamento de recepção de energia *wireless* posiciona-se acima de uma rua equipada com sistema de carregamento *wireless* por indução, ainda não concluído.

Figura 64: Renault Zoe e pontos de recarga sem fio em processo de instalação



Fonte: KRAUSS, 2019

8. Custos de estações de carga

De acordo com a velocidade de recarregamento e potência do aparelho, ele terá um valor maior, os carregadores com cargas mais lentas, menor potência e menor tensão, e com isso recarga mais lenta (entre 4 e 10 horas) tendem a ser utilizados em residências, aqueles de desempenho mediano representam a melhor relação custo-benefício, e tendem a ser utilizados em centro urbanos. Já os carregadores de velocidade de recarga rápida e ultrarrápida tendem a ser utilizados apenas em rodovias, devido ao seu alto custo. No Quadro 12, abaixo mostra-se os custos de carregadores em

relação ao ano de 2020, estes custos podem apresentar variações com aqueles oferecidos no mercado atualmente.

Quadro 12: Custo de investimento por tipo de eletroposto, com dólar comercial de valor igual a R\$ 4,7362 no momento da pesquisa.

TIPO DE ELETROPOSTO	TEMPO DE CARREGAMENTO	INVESTIMENTO MÉDIO
Recarga lenta	100% da bateria entre 4h e 10h	R\$1,5 mil a R\$3 mil
Recarga semirrápida	100% da bateria em 2h	R\$7 mil a R\$50 mil
Recarga rápida	80% da bateria em 30 min	R\$90 mil a R\$150 mil
Recarga ultrarrápida	100% da bateria em 15 min	R\$350 mil a R\$500 mil

Fonte: (PROCOBRE, 2020, p.22)

9. Legislações vigentes em território nacional

A segurança é algo essencial, sobretudo quando ela está relacionada a sistemas elétricos. As instalações elétricas residenciais e comerciais nem sempre estão dentro dos requisitos normativos e legais, ou estão preparadas para receber novos tipos de carga como os eletropostos, ou estações de recarga de veículos elétricos do tipo plug-in. No território brasileiro, normas de segurança são determinadas pela Associação brasileira de normas técnicas (ABNT) que as denominam como normas brasileiras (NBR). Para garantir a segurança das pessoas e instalações, algumas normas devem ser atendidas como precursoras da ABNT NBR IEC 61851, que é específica para os sistemas de recarga de veículos elétricos. Entre as principais normas estão:

ABNT NBR IEC 61851-1:2013 – Esta parte da ABNT NBR IEC 61851 é aplicável aos sistemas embarcados ou não embarcados para a recarga de veículos elétricos tensões alternadas normalizadas (conforme a IEC 60038) até 1.000 V, e tensões contínuas até 1500 V, assim como para a alimentação com energia elétrica aos serviços auxiliares do veículo durante a conexão à rede elétrica, caso exista necessidade, de acordo com a ABNT (2013)

ABNT NBR IEC 61851-21:2013 – Esta parte da ABNT NBR IEC 61851, fornece os requisitos aplicáveis ao veículo elétrico para conexão em modo condutivo a alimentação em tensão alternada até 690 V, conforme a IEC 60038, ou em tensão contínua até 1.000 V, quando o VE é ligado à rede de alimentação de acordo com a ABNT (2004).

ABNT NBR IEC 61851-22:2013 – De acordo com a ABNT (2013) esta parte da ABNT NBR IEC 61851, juntamente com a parte 1, fornece os requisitos para estação de recarga em corrente alternada de veículos elétricos, para a conexão condutiva ao veículo, com tensões de alimentação alternada em conformidade com a IEC 60038, até 690 V.

NBR 14039 – De acordo com a ABNT (2003) esta Norma estabelece um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas de média tensão, com tensão nominal de 1,0 kV a 36,2 kV, à frequência industrial, de modo a garantir segurança e continuidade de serviço.

NBR 5410 – De acordo com a ABNT (2004) esta Norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

NR-10 – Esta NR determina os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a assegurar a segurança e a saúde dos trabalhadores que, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade de acordo com o ministério do trabalho e previdência (1978).

10. Conclusão

Concluimos que nosso país possui uma grande necessidade do aumento da oferta de carregadores para veículos elétricos, em especial nas regiões mais afastadas de polos industriais e habitacionais, apesar de estarem relativamente distanciadas da maior parte da Infraestrutura elétrica nacional, já que a demanda desses veículos vem crescendo exponencialmente, faz-se necessária sua previsão mesmo em áreas remotas. Estamos defasados em comparação com outros países mais desenvolvidos, entretanto,

com isso podemos aplicar com mais certeza as opções que atendem melhor as características do ambiente que o Brasil possui.

Empresas prestadoras de serviços públicas e particulares já deram grandes passos em direção a implantação de grandes redes interligadas de reabastecimento de VEs, porém, até as mudanças declaradas ocorrerem, vários fatores desafiantes ainda se mostram difíceis de se resolver. Com isso é justo dizer que a transição para um Brasil com uma frota de veículos elétricos maior não será realizada da noite para o dia uma vez que deverá realizar uma grande mudança na nossa malha de distribuição de energia e insumos e a implantação de sistemas para suprir uma possível falha no sistema, assim como a manutenção do mesmo.

Dito isso, mudanças tecnológicas na última metade de século mostraram avanços tecnológicos exponenciais tanto em eficácia quanto em acessibilidade para os fabricantes e consumidores, graças à quarta revolução industrial. O Brasil é um país privilegiado pela grande oferta de fontes de energia primárias não poluentes em sua geração de energia, entretanto tanto a malha de produção de energia quanto a infraestrutura de distribuição da mesma necessitam de extensas reformas para a adaptação de seus sistemas para o VE conseguir se integrar ao cotidiano urbano e rodoviário. Incentivos fiscais são proporcionados aos compradores de veículos elétricos. Agora, cabe às agências governamentais unirem-se e declarar investimentos a infraestrutura elétrica e malha rodoviária para adequar as vias do país a essa mudança.

A segurança em relação a localização deve ser levada em conta devido aos efeitos climáticos adversos em que carregadores podem estar sujeitos, e também a exposição de uso contínuo que os mesmos estarão sujeitos, tendo em vista isso, é necessária extensa análise por várias instituições, tais como a concessionária responsável pela distribuição de energia elétrica, as instituições responsáveis pelo território a ser ocupado pela área de recarga (públicas ou particulares), além de inspeções técnicas de segurança por especialistas. Mesmo assim, o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias proporcionam instalações mais seguras e confiáveis ao longo do tempo, garantindo menores margens para erros.

Com isso, idealizamos o Quadro 13 abaixo, para a aplicação de diferentes tipos de carregadores para cada tipo de ambiente em que um VE possa ser recarregado,

levando-se em conta que o carregamento sem-fio pode ser futuramente em qualquer local, entretanto optamos por indicá-lo aos ambientes aos quais ele apresentaria a melhor relação custo/benefício.

Quadro 13: Aplicação de recarregadores determinada pela área

Local	Tipo de carregador	Tempo de carregamento
Redes domésticas:		
Residência	Carregador wallbox	4 a 10 horas
Condomínio fechado	Carregador wallbox	4 a 10 horas
Subúrbios	Carregador rapunzel, totem, comercial	2 horas
Centro de cidades:		
Ruas	Carregador rapunzel, totem, comercial, sem fio estático (necessita de maior desenvolvimento de Tecnologia)	2 horas
Ruas sem Postes	Carregador pop-up, sem fio estático (necessita de maior desenvolvimento de Tecnologia)	2 horas
Estacionamentos	Carregador comercial semi rápido, parking	2 a 6 horas
Rodovias	Estação de recarga rápida, ultrarrápida, sem fio dinâmica (necessita de maior desenvolvimento de Tecnologia)	15 a 30 minutos
Regiões afastadas	Eletroposto	2 horas

Fonte: Elaboração própria

10.1 Propostas futuras

A adoção de um conector único em território nacional, que pode ser regulado por legislações de adaptação de veículos ao mercado nacional, pode ser impulsionada através de colaboração entre empresas e agências governamentais, para que assim veículos possam oferecer até duas maneiras de serem recarregados: com o conector original do fabricante e com o padrão nacional exigido pela lei.

Tecnologias como o recarregamento sem fio, tanto estático, quanto dinâmico, estão ainda em desenvolvimento, e podem mostrar grandes avanços em um curto prazo, entretanto seu alto custo ainda é um obstáculo para sua utilização em massa.

Considerando-se o alcance da tecnologia contemporânea, e a velocidade com a qual ela se desenvolve, vários fatores apresentados anteriormente poderão se tornar irrelevantes ou obsoletos, tais como o tempo de recarga, tipos de recarregadores, novos segmentos de automóveis e/ou transportes rodoviários eletrificados, peso, tamanho, autonomia e material de fabricação das baterias, vida útil dos equipamentos etc.

O automobilismo atual apresenta ideias novas como o automóvel autônomo, que funciona independentemente de um condutor e pode ser direcionado apenas com comandos originados de smartphones, esse advento pode tornar-se um meio com o qual o automóvel pode guiar-se de forma independente e realizar a recarga com apenas o comando do condutor, de forma remota, podendo assim utilizar recarregadores estáticos ou dinâmicos, novamente, dependendo de quais tecnologias se desenvolverem de forma mais rápida, e congruente com as necessidades da indústria automobilística e de transportes gerais.

11. Referências

99APP. **Aliança pela Mobilidade Sustentável: conheça a iniciativa.** 16 jun. 2022. Disponível em: <<https://99app.com/blog/motorista/alianca-sustentavel-pela-mobilidade-conheca-a-iniciativa/>>. Acesso em: 3 jun. 2023

AB, V. B. **Carros eletrificados: quais estados têm isenção ou desconto de IPVA?** 29 mar. 2021. Disponível em: <<https://www.automotivebusiness.com.br/pt/posts/mobility-now/carros-eletricos-e-hibridos-qualis-estados-tem-isencao-ou-desconto-de-ipva/>>. Acesso em: 2 dez. 2022.

ALÉM, A. C.; GIAMBIAGI, F. **O BNDES em um Brasil em transição.** Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2010. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1083/1/BNDES%20em%20um%20Brasil%20em%20transi%C3%A7%C3%A3o-final_P.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

ANFAVEA. **Estudo ANFAVEA–BCG aponta cenários e desafios do Brasil no caminho da descarbonização do setor automotivo.** s.d. Disponível em: <https://anfavea.com.br/docs/Release_Estudo%20ANFAVEA%E2%80%93BCG%20aponta%20cen%C3%A1rios%20e%20desafios%20do%20Brasil%20no%20caminho%20da%20descarboniza%C3%A7%C3%A3o%20do%20setor%20automotivo.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2022.

APPROBATO, B. **Qual a origem das pilhas e baterias que alimentam suas ferramentas?** Disponível em: <<https://apaixonadosporferramentas.com.br/pilhas-e-baterias-das-suas-ferramentas/>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14039, Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV . Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5410, Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 61851, **Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos, Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ATTWOOD, J. **Pop-up solar car park EV hub nets £500,000 funding in an hour.** 24 jun. 2022. Disponível em: <<https://www.moveelectric.com/e-cars/3ti-Papilo3-pop-up-solar-car-park>>. Acesso em: 2 dez. 2022.

BARASSA, E.; DA CRUZ, R. F.; MORAES, H. B. **Roadmap Nacional para Infraestrutura da Mobilidade Elétrica no Brasil.** 76p. www.pnme.org.br. Brasil: AES Brasil, Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Plataforma Nacional de

Mobilidade Elétrica (PNME) e Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (FUNDEP), 22 abr. 2022. Disponível em: <<https://www.pnme.org.br/wp-content/uploads/2022/04/Roadmap-Nacional-de-Infraestrutura.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

BARBARA A., SCHREIBER, E. G. **Tesla, Inc.** Disponível em: <<https://www.britannica.com/topic/Tesla-Motors>>. Acesso em 25 maio 2023.

BARCELOS, F. **As emissões brasileiras de gases de efeito estufa nos setores de Energia e de Processos Industriais em 2019.** Dez. 2020. Disponível em: <<https://energiaeambiente.org.br/as-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-nos-setores-de-energia-e-de-processos-industriais-em-2019-20201201>>. Acesso em: 20 maio. 2023.

Batscan - nickel-cadmium batteries. s.d. Disponível em: <<http://www.batscan.se/en/nicd-battery.asp>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

BOEING. **Historical Snapshot: Lunar Roving Vehicle.** Disponível em: <<https://www.boeing.com/history/products/lunar-roving-vehicle.page>>. Acesso em: 05 maio. 2022.

BRINGIT, E. **História das baterias de íons de lítio.** Disponível em: <<https://www.bbaterias.com.br/bateria-notebook/artigos-bateria/historia-das-baterias-de-ions-de-litio>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

CESAR, P. J. **Kia Soul EV.** Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/kia/soul-ev>> Acesso em: 30 nov. 2022.

CHAPMAN, Giles. **Car : the definitive visual history of the automobile.** New York, Dorling Kindersley Publishing. 2011. 360p. Disponível em: https://mgclubedeportugal.pt/sites/default/files/other_files/History%20of%20the%20Auto%20mobile.pdf. Acesso em: 3 nov. 2022.

CHAWLA N.,TOSUNOGLU S. **State of the Art in Inductive Charging for Electronic Appliances and its Future in Transportation. State of the Art in Inductive Charging for Electronic Appliances and its Future in Transportation.** Miami, Florida, USA: Florida International University, jan. 2012. 07 p. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/267842615_State_of_the_Art_in_Inductive_Charging_for_Electronic_Appliances_and_its_Future_in_Transportation>. Acesso em 20 abr. 2023.

CONTRIBUIDORES DOS PROJETOS DA WIKIMEDIA. **Motor de indução.** Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_de_indu%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 13 ago. 2022.

COPEL INICIA IMPLEMENTAÇÃO DE FROTA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS. Disponível em: <<https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Copel-inicia-implementacao-de-frota-de-veiculos-eletricos>>. Acesso em: 3 maio. 2023.

CORVINUS LIBRARY, Hungarian history. **ÁNYOS JEDLIK (1800 - 1895).** 2012. Disponível em: <<http://www.hungarianhistory.com/mszh/ejedlik.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

Curbside Level 2 EV Charging. Disponível em: <https://www.seattle.gov/city-light/in-the-community/current-projects/curbside-level-2-ev-chargingutm_sourceadandutm_mediumonlineandutm_campaigncurbside_opt_in->. Acesso em: 30 out. 2022.

CURY, Silvana. **IMPLICAÇÕES DA COVID-19 PARA A DESCARBONIZAÇÃO DA ECONOMIA MUNDIAL – PROJETO ROTAS 2050 (CLIMATE 2050 PATHWAYS PROJECT).** 26 maio 2020. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/educacaoambiental/2020/05/implicacoes-da-covid-19-para-a-descarbonizacao-da-economia-mundial-projeto-rotas-2050-climate-2050-pathways-project>>. Acesso em: 6 maio. 2023.

DE BARI, M. **Grandes Brasileiros: Gurgel Itaipu.** Editora Abril, , abr. 2007. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/carros-classicos/gurgel-itaipu-ha-46-anos-um-brasileiro-eletrico-desafiava-a-gasolina>>. Acesso em 28 ago. 2022.

DE OLIVEIRA, A. G. **Novas gerações de baterias para carros elétricos estão ampliando a capacidade e autonomia - Parte 2.** Disponível em: <<https://www.oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/novas-geracoes-de-baterias-para-carros-eletricos-estao-ampliando-a-capacidade-e-autonomia-parte-2>>. Acesso em: 2 nov. 2022.

EHSANI, Mehrdad. **Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: Fundamentals, theory, and design.** Boca Raton, Florida, EUA. CRC Press, 2005. Disponível em: <http://ceb.ac.in/knowledge-center/E-BOOKS/Modern%20Electric%2C%20Hybrid%20Electric%20%26%20Fuel%20Cell%20Vehicles%20-%20Mehrdad%20Ehsani.pdf>. 395 p. Acesso em 2 abr. 2023.

Electric Vehicle Charging Station Guidebook. Chittenden County: Vermont Energy Investment Corporation, 2014.31 p. Disponível em <https://www.ccrpcvt.org/wp-content/uploads/2016/01/20140626-EV-Charging-Station-Installation-Guide.pdf>. Acesso em 15 abr. 2023.

EPA, U. S. **Evolution of the Clean Air Act.** 2022. Disponível em: <<https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/evolution-clean-air-act>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

EPE. **MATRIZ ENERGÉTICA.** 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

EVUP. **How does regenerative braking work in an electric vehicle?** 03 mar. 2021. Disponível em: <<http://evup.com.au/about-evup/ev-news/how-does-regenerative-braking-work>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

EXPERIENCE. **Seattle City Light Public EV Charging Locations.** Disponível em: <<https://experience.arcgis.com/experience/d9e13e5e3d6a46a2ae88f6daf57c721f/>>. Acesso em: 8 maio. 2023.

FLAHERTY, N. **Deal targets 200kW wireless charging road technology.** Disponível em: <<https://www.eenewseurope.com/en/deal-targets-200kw-wireless-charging-road-technology/>>. Acesso em: 6 maio. 2023.

Freio Regenerativo KERS. Disponível em: <<https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/freio-regenerativo-kers-veiculo-eletrico>>. Acesso em: 28 jun. 2022.

FROMER, C. **Mais de 10 mil veículos 100% elétricos em circulação.** Disponível em: <<http://www.abve.org.br/brasil-ja-tem-mais-de-10-mil-veiculos-leves-eletricos-em-circulacao/>>. Acesso em: 15 maio. 2023.

GHANIZADEH-KHOOB, D.; FLEAR, K. **Electric car charging stations in Massachusetts.** Disponível em: <<https://getjerry.com/electric-vehicles/electric-car-charging-stations-in-massachusetts>>. Acesso em: 3 jun. 2023.

HALL, D.; LUTSEY, N. **Electric vehicle charging guide for cities C40 CITIES ACKNOWLEDGEMENTS.** 2020. 20 p. Disponível em: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/EV_charging_guide_03162020.pdf> Acesso em: 2 dez. 2022.

HERVÉ THÉRY, NELI APARECIDA DE MELLO-THÉRY. **O sistema elétrico brasileiro.** , 2016. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/10797>>. Acesso em: 24 maio. 2023.

HIRSCHLAG. **A bateria revolucionária inventada 120 anos antes do tempo.** BBC, 3 abr. 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-56499912>> Acesso em: 16 jun. 2023.

HULL, R. **Oxford installs UK's first pop-up chargers that rise out of the pavement.** 2019. Disponível em: <<https://www.thisismoney.co.uk/money/cars/article-7732287/Oxford-installs-UKs-pop-chargers-rise-pavement.html>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

IBRAHIM, M. **Wireless Inductive Charging for Electrical Vehicles: Electromagnetic Modelling and Interoperability Analysis**. [s.l.] UNIVERSITE PARIS-SUD , 12 set. 2014. 158 p.

KANE, M. **Panasonic revela nova célula de bateria para carros elétricos**. 25 out. 2021. Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/news/543109/panasonic-baterias-carros-eletricos-cilindricas/>>. Acesso em: 27 set. 2022.

KANT, Amitabh; SINGH, Randheer; KASSI Sanjeev, Kumar; SHARMA, Abhishek, KANURI, Chaitanya; DAS, Shyamasis; MULUKUTLA, Pawan. **Handbook of electric vehicle charging infrastructure implementation**. Nova Delhi: Niti Aayog, 2021. 91 p. Disponível em: <https://www.niti.gov.in/sites/default/files/2021-08/HandbookforEVChargingInfrastructureImplementation081221.pdf>. Acesso em 26 abr. 2023.

KASHANI, Seyed Ali. et al. **State-of-the-art research on wireless charging of electric vehicles using solar energy**. *Energies*, v. 16, n. 1, p. 282, 27 dez. 2022. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1996-1073/16/1/282>>. Acesso em: 5 maio. 2023.

KRAUSS, C. **Electric roads could be a path to a driverless future**. The New York times, 7 out. 2019. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2019/10/07/business/energy-environment/electric-roads-cars-israel-sweden.html>. Acesso em 22 maio. 2023.

LIMA, P. **Modern Panasonic prismatic battery cells**. Disponível em: <<https://pushevs.com/2020/07/03/modern-panasonic-prismatic-battery-cells/>>. 03 jul. 2020. Acesso em: 25 nov. 2022.

MCBAIN, S.; BIBRA, E. **Electric Vehicles – Analysis**. 2021. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/electric-vehicles>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MEDEIROS, V. **Elon Musk revela novo motor elétrico da Tesla, mais leve, de baixo custo e com a promessa de surpreender a indústria automotiva**. Disponível em: <<https://clickpetroleoegas.com.br/elon-musk-revela-novo-motor-eletrico-da-tesla-mais-leve-de-baixo-custo-e-com-a-promessa-de-surpreender-a-industria-automotiva/>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. NR 10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE, 8 jun. 1978. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2022.

Motor Carro Elétrico - Veículo Elétrico (VE). Disponível em: <<https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/motor-como-funciona>>. Acesso em: 27 maio. 2023. Acesso em: 30 nov. 2022.

MOTOR1. **Nissan Leaf: um dos primeiros carros elétricos do Brasil pode sair de linha.** 2022. Disponível em: <<https://motor1.uol.com.br/news/598500/nissan-leaf-descontinuado-rumor/>>. Acesso em: 20 nov. 2022.

MOTOR1. **Toyota RAV4 Hybrid.** Disponível em: <<https://motor1.uol.com.br/toyota/rav4-hybrid/>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MUDE, Kishore. **Wireless Power Transfer for Electric Vehicle.** 2015. 125 p. Tese (doutorado em Pesquisa de engenharia industrial) - Universidade de Pádua, Itália, 2015. Disponível em <https://core.ac.uk/download/pdf/145233488.pdf>.

Nova Motores e Geradores Elétricos. Disponível em: <<https://www.novamotores.com.br/>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

O que é Rota 2030? Disponível em: <<https://www.rota2030.com.br/rota-2030-inovacao/>>. Acesso em: 6 maio. 2023.

OLIVA, J. **BMW i3 seguirá em produção até 2024.** Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/news/387994/bmw-i3-producao-ate-2024/>>. Acesso em: 20 nov. 2022.

PADMANABAN, S. **Basic Structure of Capacitive Wireless Power Transfer.** dez. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Basic-Structure-of-Capacitive-Wireless-Power-Transfer_fig1_347513480>. Acesso em: 08 maio. 2022.

PANARO, R. **Volvo testa carregamento sem fio para carros elétricos na Suécia.** 5 mar. 2022. Disponível em: <<https://autoesporte.globo.com/mobilidade/noticia/2022/03/volvo-testa-carregamento-sem-fio-para-carros-eletricos-na-suecia.ghtml>>. Acesso em: 8 maio. 2023.

PASSOS, E. **Tesla Model S Plaid: testamos a arrancada do carro mais rápido do mundo.** Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/testes/tesla-model-s-plaid-testamos-a-arrancada-do-carro-mais-rapido-do-mundo/>>. Acesso em: 25 out. 2022.

PAVEY, Simon. **Electric roads – charging your car while driving.** Disponível em: <<https://www.fuelcardservices.com/electric-roads/>>. Acesso em: 3 jun. 2023.

PEREIRA, Fabiano. **Gurgel Itaipu: há 46 anos, um brasileiro elétrico desafiava a gasolina.** Quatro Rodas, SP, Ano 47, Edição 564, p.34-35, Abril, 2007.

PERONI, J. **Primeiro híbrido da Toyota, Prius se despede do Brasil, mas pode voltar.** Disponível em: <<https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/primeiro-hibrido-da-toyota-prius-se-despede-do-brasil-mas-pode-voltar/>>. Acesso em: 16 set. 2022.

PERRIN, Jerome; MEIJER, Sebastiaan; RAVELLO, Vittorio; ADMITIS, Angelos; NABEREZHNYKH, Angelos; PANDAZIS, Jean-Charles. **ON-ROAD CHARGING OF ELECTRIC VEHICLES: THE FABRIC PROJECT**. , abr. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/306380137_ON-ROAD_CHARGING_OF_ELECTRIC_VEHICLES_THE_FABRIC_PROJECT. Acesso em : 2 maio. 2023.

PITTORESQUE, L. F. **29 avril 1899 : la voiture électrique Jamais Contente franchit les 100 kilomètres à l'heure. Record de vitesse**. Disponível em: <https://www.france-pittoresque.com/spip.php?article5753>. Acesso em: 3 maio. 2022.

PLANAS, O. **O que são motores síncronos? Comece e pare**. Disponível em: <https://pt.demotor.net/motores-eletricos/motores-de-corrente-alternada/motor-sincrono>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

POLESI, A. **Eletrificados fecham 2022 com novo recorde**. Disponível em: <http://www.abve.org.br/eletrificados-fecham-2022-com-novo-recorde-de-vendas/>>. Acesso em: 15 maio. 2023.

Portal da Câmara dos Deputados. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1970-1979/decreto-lei-1413-14-agosto-1975-378171-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

PROCOBRE, Instituto brasileiro do cobre. **ELETROPOSTOS INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE RECARGA PARA GRANDES DEMANDAS**. Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica. Abr. 2020. 42 p. Disponível em: https://www.pnme.org.br/wp-content/uploads/2020/04/guia_promobe_eletroposto_simples_v2.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2022.

PULLAN, M. **Driveway discrimination: Just 35 on street electric vehicle chargers per council to be installed by 2025**. Disponível em: <https://www.centrica.com/media-centre/news/2021/driveway-discrimination-just-35-on-street-electric-vehicle-chargers-per-council-to-be-installed-by-2025/>>. Acesso em: 3 set. 2022.

PURDY, K. W.; G. FOSTER, C. **Early electric automobiles**. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/automobile/Early-electric-automobiles>>. Acesso em: 25 out. 2022.

Revista carro. **Por R\$ 589 mil, Porsche inicia vendas do Taycan “básico”**. 2021. Disponível em: <https://revistacarro.com.br/por-r-589-mil-porsche-inicia-vendas-do-taycan-basico/>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

RIBEIRO, Alex Do Nascimento. **Caracterização de frenagem regenerativa de veículo elétrico com motor de indução considerando marcha e tempo de desaceleração**. 90 p. Tese (Trabalho de conclusão do curso de engenharia elétrica) - Universidade De Brasília, Faculdade de tecnologia, Brasília, 2017.

RIBEIRO, R. **O freio regenerativo dos carros híbridos e elétricos funciona com a bateria carregada?** . 23 fev. 2021. Disponível em: <<https://autoesporte.globo.com/servicos/noticia/2021/02/o-freio-regenerativo-dos-carros-hibridos-e-eletricos-funciona-com-a-bateria-carregada.ghtml>>. Acesso em: 22 out. 2022.

ROBINSON, A. **2009 Tesla Roadster: The Ultimate in Plug and Play**. Disponível em: <<https://www.caranddriver.com/reviews/a15151453/2009-tesla-roadster-road-test/>>. Acesso em 30 out. 2022.

Rota 2030 - Mobilidade e Logística. 25 jun. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/rota-2030-mobilidade-e-logistica>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

SACHSIDA, Adolfo. **Balanço Energético Nacional 2022**. Edição 2022. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética – EPE. 2022. 299 p. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2022.

SHAKIR, U. **These pole-mounted EV chargers let down their joules**. Disponível em: <<https://www.theverge.com/2022/8/12/23301826/pole-mounted-chargers-ev-electric-vehicles-melrose-boston>>. Acesso em: 2 dez. 2022.

SHRESTHA, R. **MAHINDRA E20 PLUS PRICE IN NEPAL - REVIEWS**. Disponível em: <<https://reviews.com.np/article/mahindra-e20-plus-price-in-nepal>>. Acesso em: 2 out. 2022.

SOUSA, E. J. **INFRAESTRUTURA de RECARGA de VEICULOS ELETRICOS**. , 6 mar. 2018. Disponível em: <http://www.abve.org.br/wp-content/uploads/2018/03/6.pdf>. 20 p. Acesso em: 25 nov. 2022.

SOUZA, G. **Baterias da Tesla estão disponíveis para casas e carros**. 08 out. 2017. Disponível em: <<https://carroeletrico.com.br/blog/bateria-tesla/>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

TESLA, INC. **INFORMATION FOR FIRST AND SECOND RESPONDERS EMERGENCY RESPONSE GUIDE TESLA MODEL S ELECTRIC**. 2021. Disponível em: <https://www.tesla.com/sites/default/files/downloads/2021_Model_S_Emergency_Response_Guide_en.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2023.

THRONSEN, M. **Norway celebrates another record-breaking year for electric vehicles**. Disponível em: <<https://elbil.no/norway-celebrates-another-record-breaking-year-for-electric-vehicles/>>. Acesso em: 27 maio. 2023.

Tipo de Conector para Carga de Carro Elétrico. Disponível em: <<https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/tipo-conector-veiculo-eletrico#Chademo>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

Tipos de Carregadores para Carros Elétricos. Disponível em: <<https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/tipo-carregador-ve>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

TOYOTA MOTOR CORPORATION. **HYBRID VEHICLE DISMANTLING MANUAL.** 2018. Disponível em: <https://www.toyota-tech.eu/HYBRID/HVDM/EN/RAV4_AXAH52%20hvdm.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2023.

UMPIERES, R. **InfoMoney dirige carro elétrico: como e onde carregar, custos de energia e manutenção; veja vídeo completo.** Disponível em: <<https://www.infomoney.com.br/minhas-financas/infomoney-dirige-carro-eletrico-como-e-onde-carregar-custos-de-energia-e-manutencao-veja-video-completo/>>. Acesso em: 15 maio. 2023.

WIENKÖTTER, M. **How the Taycan recovers energy while driving.** 16 jun. 2022. Disponível em: <<https://newsroom.porsche.com/en/2022/innovation/porsche-taycan-energy-recuperation-management-system-christophorus-403-28723.html>>. Acesso em: 29 maio. 2023.

WILLIAMS, D. R. **The Apollo Lunar Roving Vehicle.** 2016. Disponível em: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/apollo_lrv.html>. Acesso em: 13 set. 2022.

ZACH. **PlugShare 101 (EV Obsession Video)** -. 1 jan. 2016. Disponível em: <<https://evobsession.com/plugshare-101-ev-obsession-video/>>. Acesso em: 2 dez. 2022.