

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**HENRIQUE MARCINIAK
LUCAS FELICIO DOS PASSOS CARVALHO
VINICIUS DE ALMEIDA BETIM**

**MOBILIDADE ELÉTRICA NA BR-116: ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO
DE RECARGA RÁPIDA**

**CURITIBA
2025**

**HENRIQUE MARCINIAK
LUCAS FELICIO DOS PASSOS CARVALHO
VINICIUS DE ALMEIDA BETIM**

**MOBILIDADE ELÉTRICA NA BR-116: ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO
DE RECARGA RÁPIDA**

ELECTRIC MOBILITY ON BR-116: STUDY OF FAST CHARGING DISTRIBUTION

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior

**CURITIBA
2025**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**HENRIQUE MARCINIAK
LUCAS FELICIO DOS PASSOS CARVALHO
VINICIUS DE ALMEIDA BETIM**

**MOBILIDADE ELÉTRICA NA BR-116: ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO
DE RECARGA RÁPIDA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Elétrica do curso de
Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 26/novembro/2025

Jair Urbanetz Junior
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Rosângela Bach Rodrigues dos Santos
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Carlos Henrique Mariano
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CURITIBA
2025**

RESUMO

Os VEs estão cada vez mais presentes em nossa atualidade, reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis e a emissão de gases do efeito estufa. Segundo a ABVE (Associação Brasileira do Veículo Elétrico), a frota total ultrapassou a marca de 500 mil veículos eletrificados no território nacional em agosto de 2025, demonstrando um crescimento acelerado. Partindo desse ponto, este trabalho estuda a viabilidade para implantação de eletropostos nas rodovias brasileiras, em especial a BR-116, que liga Fortaleza/CE a Jaguarão/RS. Esta pesquisa tem o intuito de levantar a carência e prospectar o uso dos eletropostos visando ampliar a confiabilidade dos usuários em viagens de deslocamentos extensos pela rodovia. A escassez de carregadores nas rodovias pode levar à ansiedade de autonomia, na qual os condutores receiam ficar sem carga no decorrer do trajeto. Assim, este estudo demonstra a necessidade e viabilidade de superar os desafios associados à infraestrutura de carregamento dos veículos elétricos. Para isso, foram estudados os tipos de veículos elétricos presentes no mercado, tipos de baterias e carregadores, bem como informações importantes acerca da rodovia em pesquisa. Os resultados revelam um déficit sistêmico de infraestrutura, com trechos de mais de 300 km sem nenhum ponto de recarga rápida, dificultando a viagem inter-regional com VEs atualmente.

Palavras-chave: Veículos Elétricos. Baterias. Carregadores. Eletroposto. BR-116.

ABSTRACT

Electric vehicles are becoming increasingly present in our daily lives, reducing dependence on fossil fuels and greenhouse gas emissions. According to ABVE (Brazilian Electric Vehicle Association), by August 2025, the total fleet of registered electric vehicles surpassed 500,000 units across the national territory, showing accelerated growth. Based on this, this study examines the technical feasibility of implementing charging stations along Brazilian highways, particularly the BR-116, which connects Fortaleza/CE to Jaguarão/RS. This research aims to identify the shortage of charging infrastructure and explore the potential use of charging stations to enhance user confidence during long-distance travel on the highway. The lack of chargers on highways can lead to range anxiety, where drivers fear running out of charge during their journey. Thus, this study highlights the necessity and feasibility of overcoming the challenges related to the charging infrastructure for electric vehicles. To achieve this, different types of electric vehicles available on the market, battery technologies, and charging stations were analyzed, along with key information about the studied highway. The results reveal a systemic infrastructure deficit, with stretches of more than 300 km without any fast charging points, making inter-regional travel with EVs currently unfeasible.

Keywords: Electric Vehicles. Batteries. Chargers. Charging Station. BR-116.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tipos de carregamento de acordo com a SAE J1772.....	15
Figura 2 - Mapa descritivo da BR-116.....	16
Figura 3 - Eletropostos em Santa Catarina	18
Figura 4 - Gráfico de evolução da quantidade de eletropostos no Brasil	20
Figura 5 - Tipos de Veículos Elétricos.....	24
Figura 6 – Market share Tipos de VEs no Brasil	25
Figura 7 - Carregador Emergencial	33
Figura 8 - Carregador Wallbox	34
Figura 9 - Carregador Comercial.....	35
Figura 10 – Estação de Carregamento Rápido Audi	37
Figura 11 - Estação de Carregamento Ultrarápido.....	38
Figura 12 - Conector SAE J1772.....	41
Figura 13 - Conector Tipo 2 (Mennekes).....	42
Figura 14 - Conectores CCS	43
Figura 15 - Conector CHAdeMO	44
Figura 16 - Conector NACS.....	45
Figura 17 - Rota entre as cidades de Jaguarão a Camaquã	48
Figura 18 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Primeiro Trecho.....	48
Figura 19 - Rota entre as cidades de Camaquã a Porto Alegre	49
Figura 20 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Segundo Trecho.....	50
Figura 21 - Rota entre as cidades de Porto Alegre a Caxias do Sul	51
Figura 22 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Terceiro Trecho.....	52
Figura 23 - Rota entre as cidades de Caxias do Sul a Lages.....	53

Figura 24 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Quarto Trecho	53
Figura 25 - Rota entre as cidades de Lages a Rio Negro.....	54
Figura 26 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Quinto Trecho	55
Figura 27 - Rota entre as cidades de Rio Negro a Curitiba	55
Figura 28 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Sexto Trecho.....	56
Figura 29 - Rota entre as cidades de Curitiba a Jacupiranga.....	57
Figura 30 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Sétimo Trecho.....	57
Figura 31 - Rota entre as cidades de Jacupiranga a São Paulo	58
Figura 32 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Oitavo Trecho.....	59
Figura 33 - Rota entre as cidades de São Paulo a Aparecida.....	59
Figura 34 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Nono Trecho	60
Figura 35 - Rota entre as cidades de Aparecida a Rio de Janeiro	60
Figura 36 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Décimo Trecho.....	61
Figura 37 - Rota entre as cidades de Rio de Janeiro e Laranjal.....	62
Figura 38 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Décimo Primeiro Trecho	62
Figura 39 - Rota entre as cidades de Laranjal e Caratinga	63
Figura 40 - Rota entre as cidades de Caratinga a Teófilo Otoni.....	64
Figura 41 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Décimo Terceiro Trecho..	64
Figura 42 - Rota entre as cidades de Teófilo Otoni a Águas Altas	65
Figura 43 - Rota entre as cidades de Águas Altas a Poções	66
Figura 44 - Disposição de Carregadores CC longo do Décimo Quinto Trech.	66
Figura 45 - Rota entre as cidades de Poções a Milagres	67
Figura 46 - Rota entre as cidades de Milagres a Araci.....	68
Figura 47 - Rota entre as cidades de Araci a Macururé	68

Figura 48 - Trajeto entre as cidades de Macururé a Barro	69
Figura 49 - Rota entre as cidades de Barro a Mundial	70
Figura 50 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Vigésimo Trecho	70
Figura 51 - Rota entre as cidades de Mundial a Fortaleza	71
Figura 52 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Vigésimo Primeiro Trecho	71
Figura 53 - Comparativo de infraestrutura de recarga rápida por trecho.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - BEVs mais vendidos para uso em viagens.	26
Tabela 2 - Comparação das Tipologias de Carregamento	39
Tabela 3 - Parâmetros de Recarga dos 15 BEVs Mais Vendidos	40
Tabela 4 - Resumo da Análise de Infraestrutura de Eletropostos na BR-116.....	72

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BEV	Battery Electric Vehicle (Veículo Elétrico a Bateria)
BESS	Battery Energy Storage Systems
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CCS	Combined Charging
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
DAELT	Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
HEV	Hybrid Electric Vehicle (Veículo Elétrico Híbrido)
IEC	International Electrotechnical Commission
LiCoO ₂	Óxido de Lítio-Cobalto
LiFePO ₄	Lítio-Ferro-Fosfato
LiMn ₂ O ₄	Óxido de Lítio-Manganês
LiPo	Lítio-Polímero
NACS	North American Charging Standard
NCM	Níquel-Cobalto-Manganês
NiMH	Níquel-Metal-Hidreto
PHEV	Plug-in Hybrid Vehicle
SAE	Society of Automotive Engineers
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

VE	Veículo Elétrico
VMD	Volume Médio Diário

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	Tema.....	14
1.1.1	Delimitação do tema	15
1.2	Tema da pesquisa	17
1.3	Objetivos	19
1.3.1	Objetivo geral.....	19
1.3.2	Objetivos específicos	19
1.4	Justificativa	19
1.5	Enquadramento metodológico e metodologia da pesquisa.....	21
1.6	Estrutura do trabalho.....	22
2.	REVISÃO DA LITERATURA	23
2.1	Tipos de VEs.....	23
2.2	Análise dos BEVs comercializados no Brasil.....	25
2.3	Tipos de baterias utilizadas em VEs.....	27
2.3.1	Baterias de íon-lítio (li-ion)	27
2.4	Estrutura rodoviária brasileira	28
3.	BR-116	30
3.1	Descrição geral da BR-116.....	30
3.2	Fluxo de veículos.....	30
3.3	Infraestrutura atual	31
3.4	Aspectos regionais da BR-116	31
4.	TOPOLOGIA DE CARREGADORES DISPONÍVEIS	33

4.1	Carregador de Emergência.....	33
4.2	Carregamento residencial	34
4.3	Carregamento comercial.....	35
4.4	Carregamento rápido.....	36
4.5	Carregamento ultrarrápido	37
4.6	Potência de Recarga e Capacidade de Bateria nos Principais BEVs	40
5.	PRINCIPAIS PADRÕES DE CONECTORES PARA CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	41
5.1	Tipo 1 (SAE J1772).....	41
5.2	Tipo 2 (MENNEKES).....	42
5.3	CCS (<i>Combined Charging System</i> – CCS1 E CCS2).....	43
5.4	CHAdemo.....	44
5.5	Tesla <i>supercharger</i>	45
6.	PROPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA APLICADA.....	46
6.1	Primeiro Trecho: Jaguarão - RS / Camaquã - RS.....	47
6.2	Segundo Trecho: Camaquã - RS / Porto Alegre - RS.....	49
6.3	Terceiro Trecho: Porto Alegre – RS / Caxias do Sul - RS	50
6.4	Quarto Trecho: Caxias do Sul – RS / Lages - SC	52
6.5	Quinto Trecho: Lages - SC / Rio Negro - PR.....	54
6.6	Sexto Trecho: Rio Negro - PR / Curitiba - PR.....	55
6.7	Sétimo Trecho: Curitiba - PR / Jacupiranga - SP	56
6.8	Oitavo Trecho: Jacupiranga - SP / São Paulo - SP	58
6.9	Nono Trecho: São Paulo - SP / Aparecida - SP	59
6.10	Décimo Trecho: Aparecida - SP / Rio de Janeiro - RJ.....	60

6.11	Décimo Primeiro Trecho: Rio de Janeiro - RJ / Laranjal - MG	61
6.12	Décimo Segundo Trecho: Laranjal - MG / Caratinga - MG	63
6.13	Décimo Terceiro Trecho: Caratinga - MG / Teófilo Otoni - MG	63
6.14	Décimo Quarto Trecho: Teófilo Otoni - MG / Águas Altas - MG.....	65
6.15	Décimo Quinto Trecho: Águas Altas - MG / Poções - BA.....	65
6.16	Décimo Sexto Trecho: Poções - BA / Milagres - BA.....	67
6.17	Décimo Sétimo Trecho: Milagres - BA / Araci - BA.....	67
6.18	Décimo Oitavo Trecho: Araci - BA / Macururé - BA	68
6.19	Décimo Nono Trecho: Macururé - BA / Barro - CE.....	69
6.20	Vigésimo Trecho: Barro - CE / Mundial - CE.....	69
6.21	Vigésimo Primeiro Trecho: Mundial - CE / Fortaleza - CE.....	70
7.	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
	REFERÊNCIAS	76

1. INTRODUÇÃO

Veículos elétricos têm se tornado cada vez mais presentes no cotidiano, desempenhando um papel fundamental na redução da dependência de combustíveis fósseis e na diminuição da emissão de gases do efeito estufa. Além de serem uma alternativa mais sustentável, esses veículos promovem a eficiência energética e incentivam o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para a mobilidade elétrica, contribuindo para um futuro mais limpo e sustentável.

1.1 Tema

As estações de carregamento, também conhecidas como pontos de recarga ou carregadores de veículos elétricos (VEs), são utilizadas para abastecer tanto VEs quanto híbridos *plug-in*. Esses dispositivos fornecem eletricidade diretamente para a bateria, permitindo que o motorista realize o carregamento em casa ou em locais públicos. Esse equipamento é essencial para a infraestrutura do ecossistema de mobilidade elétrica, contribuindo para a redução da dependência de combustíveis fósseis e da emissão de gases do efeito estufa.

Dentro deste tema, o tempo de carregamento é um dos principais desafios para os VEs e esse tempo para atingir a carga total pode variar de 12 minutos a 17 horas (SAE, 2023). Essa variável está diretamente relacionada ao tipo de carregador empregado.

Os tipos de carregamento são baseados em duas normas principais: IEC 61851-1 (*International Electrotechnical Commission Standard*) (IEC, 2017) e na SAE J1772 (*Society of Automotive Engineers standard*) (SAE, 2010).

Na Figura 1, observa-se que o Nível 1 de Carregamento de corrente alternada (CA) é tipicamente empregado em ambientes domésticos, até mesmo pela potência de saída. Os Níveis 2 e 3 podem ser aplicados em áreas comerciais como shoppings, cinemas. Enquanto o Carregamento Corrente Contínua (CC), Nível 1 a 2, é

geralmente empregado em postos de carregamento, podendo ser públicos ou privados.

Figura 1 - Tipos de carregamento de acordo com a SAE J1772

Tipo de Carga	Nível	Tensão de Alimentação [V]	Corrente [A]	Potência de Saída [kW]	Tempo estimado de carregamento [h]	Tipo de Carregamento
Carregamento CA	Nível 1	120 Vca (1-fase)	até 16 A	até 1,92 kW	7-17 h	Lento
	Nível 2	240 Vca (1-fase)	até 80 A	até 19,2 kW	0,4-7 h	Médio
	Nível 3	240 Vca (3-fases)	até 400 A	até 96 kW	<0,5 h	Semi-Rápido
Carregamento CC	Nível 1	200-450 Vcc	até 80 A	até 36 kW	0,4-7 h	Rápido
	Nível 2	200-450 Vcc	até 200 A	até 90 kW	0,2-0,3 h	Rápido

Fonte: SAE (2023)

Hoje é comum encontrar carregadores elétricos em postos de combustíveis e shoppings centers nos grandes centros urbanos, para carregamentos de oportunidade. Porém, nota-se que ainda há uma carência desse tipo de serviço em rodovias no Brasil. Isso resulta em uma limitação de deslocamento por parte do condutor do veículo, pois não é fornecida uma infraestrutura para esse ecossistema além do que é oferecido dentro das cidades.

Um desses destaques é o projeto da concessionária Copel em parceria com a Itaipu Binacional, denominado “Eletrovia Paranaense”, que consiste na maior eletrovia do Brasil, com aproximadamente 700 km de extensão, sendo 11 eletropostos espalhados pela BR-277 de carga rápida. O projeto foi desenvolvido com o objetivo de contribuir para a solução do problema de infraestrutura para os VEs, bem como atender as tendências da indústria automobilística internacional e ainda atender o Acordo de Paris, no que tange às novas soluções de geração e consumo de energias baseadas em fontes renováveis (CARRO ELÉTRICO, 2019).

1.1.1 Delimitação do tema

Os VEs fazem parte de um novo ecossistema. Embora seja uma área em expansão e com vastas possibilidades de estudo e implementação, a falta de familiaridade com o tema ainda é comum.

Dentro dessa área, uma parte extremamente importante é a de infraestrutura, e o específico problema de fornecimento de carregadores elétricos em rodovias fora das cidades chama a atenção. Pois é necessária a disponibilização dessa infraestrutura para os condutores para carregamento de seus veículos.

Segundo o Ministério da Infraestrutura, em 29 de abril de 2019, a malha rodoviária federal do Brasil possuía uma extensão total de 75,8 mil km. Desse total, 4.610 km pertencem à BR-116, cruzando o Brasil de Fortaleza, no estado do Ceará, até Jaguarão, no Rio Grande do Sul, na fronteira com o Uruguai, conforme ilustrado na Figura 2 (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2019).

Figura 2 - Mapa descritivo da BR-116



Fonte: DNIT (2023)

A fim de delimitar o tema para que seja possível apresentar um estudo mais detalhado, essa pesquisa aborda o caso específico das Estações de Carregamento Elétricas na Rodovia BR-116 ao longo de toda sua extensão.

1.2 Tema da pesquisa

Nos últimos anos, observa-se o desenvolvimento de tecnologias que antes pareciam inviáveis, mas que hoje são comuns no cotidiano. Por exemplo, a Internet móvel de alta velocidade possibilita conexões instantâneas a qualquer hora e em qualquer lugar, tornando os *smartphones* uma parte indispensável da vida em sociedade. Além disso, a computação em nuvem revolucionou a forma como são armazenados e acessados os dados, eliminando a necessidade de grandes quantidades de *hardware* físico.

Quando se trata de VEs, eles também representam avanços em questões sustentáveis e no próprio mercado financeiro. Em 2022, a fabricante de veículos Volvo, se propôs a eletrificar toda sua frota de veículos de uso doméstico em até 8 anos (PROPMARK, 2022). Assim como a Tesla, pioneira em produção de VEs em alta escala, ultrapassou várias empresas como BMW e Ford e se consagrou como a fabricante de automóveis mais valiosa na bolsa de valores em junho de 2020 (KLEBNIKOV, 2020).

No Brasil, o mercado de veículos eletrificados apresenta crescimento acelerado. Entre janeiro e outubro de 2025, foram comercializadas 168.798 novas unidades (MOTOR1, 2025). Como resultado, a frota nacional ultrapassou a marca de 500 mil veículos eletrificados, dos quais 337 mil correspondem a modelos de veículos elétricos a bateria (BEV) e veículos elétricos híbridos com plugue (PHEV), considerando os dados de agosto de 2025 (ABVE, 2025). Nesse cenário, a BYD se consolidou como líder absoluta, representando (em agosto de 2025) cerca de 48,5% de todo o mercado nacional de veículos elétricos e híbridos (MOTOR1, 2025). A participação da montadora é ainda mais expressiva no segmento de BEV, onde deteve 75,3% do mercado no acumulado de janeiro a setembro de 2025 (INSIDEEVS, 2025). A montadora chinesa registrou um crescimento de 327% em 2024, passando de 17.946 unidades em 2023 para 76.810 em 2024 (ESTADÃO, 2025), consolidando sua posição com modelos acessíveis e tecnologicamente avançados, como o Dolphin Mini, que se mantém como o veículo elétrico mais vendido do Brasil no acumulado de 2025 (INSIDEEVS, 2025).

As viagens de longa distância em VEs podem ser problemáticas devido aos desafios associados à infraestrutura de carregamento. Visando partir na frente de suas concorrentes, em 2020 a empresa Iberdrola fez acordo também com a fabricante Porsche para entrega de 35 estações de recarga rápidas de 50 kW e de 350 kW em toda a Espanha (IBERDROLA, 2020). A escassez de carregadores, especialmente nas rodovias e nas zonas rurais, pode levar à ansiedade de autonomia, onde os condutores receiam ficar sem carga antes de chegarem ao seu destino (LUKA ZORKO, 2022).

Em Santa Catarina, foram inaugurados múltiplos pontos de recarga para VE, mas apenas um ponto de recarga rápida fica localizado na BR-116, mais especificamente na cidade de Lages, o que deixa o motorista a 361 km até o próximo ponto de recarga rápida, localizado em Curitiba, Paraná, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Eletropostos em Santa Catarina



Fonte: CELESC (2022)

Dado essas justificativas, o objetivo desse trabalho é demonstrar a necessidade e viabilidade de superar os desafios associados à infraestrutura de carregamento de VEs para tornar as viagens de longa distância com esse tipo de veículo uma realidade acessível e ecologicamente correta.

1.3 Objetivos

Os objetivos desse trabalho focam no estudo da infraestrutura implantada atualmente e nas possibilidades de sua ampliação.

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a cobertura existente e a demanda estimada por infraestrutura de recarga rápida para veículos elétricos ao longo da rodovia BR-116, considerando dados de fluxo, distância, autonomia dos veículos e distribuição espacial dos eletropostos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Revisar a literatura técnica sobre os tipos de VEs, suas baterias, e as principais topologias e padrões de conectores de carregadores disponíveis;
- Mapear a infraestrutura de recarga rápida atualmente disponível ao longo dos 4.610 km da BR-116;
- Caracterizar a rodovia em termos de fluxo médio diário e segmentos críticos;
- Estimar a frota elétrica circulante por trecho com base em dados públicos.
- Determinar a necessidade de eletropostos para cada trecho, considerando autonomia dos veículos e critérios internacionais de dimensionamento.

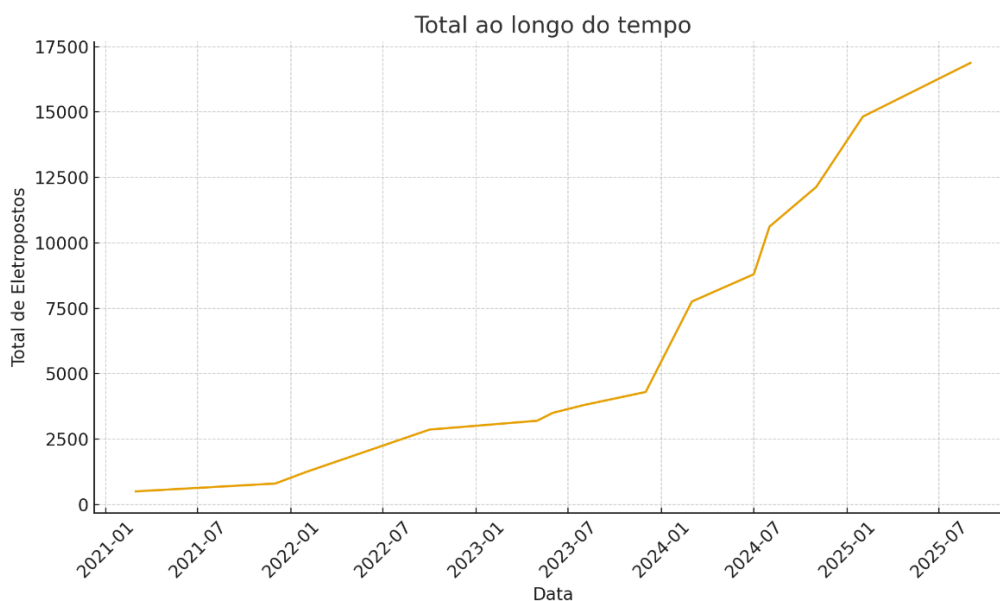
1.4 Justificativa

Com as projeções de aumento do número de VEs no Brasil (STRATEGY&, 2023) para as próximas décadas, torna-se necessário que a infraestrutura seja fortalecida para que a utilização deste tipo de veículo se torne mais viável e acessível. Desse modo, é importante olhar para além das cidades, que possuem número expressivo de postos de carregamento de VEs (ABVE, 2021) e olhar também para as rodovias que conectam estas cidades.

Segundo a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), através do Projeto Emotive, constatou-se que até 2030 o Brasil deve chegar a marca de 80 mil eletropostos instalados no país (CPFL, 2018). Em setembro de 2025, havia cerca de

16880 unidades instaladas (ABVE, 2025), então pode-se concluir que ainda existe um espaço muito grande para crescimento deste tipo de produto no mercado.

Figura 4 - Gráfico de evolução da quantidade de eletropostos no Brasil



Fonte: Adaptado ABVE (2025)

Instalando-se nas rodovias do Brasil um número adequado de postos de carregamento de VEs, que sejam viáveis tanto no quesito técnico quanto no quesito comercial, é possível contribuir para criação de um ecossistema que atenda as demandas dessa categoria de transporte, garantindo que a carência deste tipo de serviço não seja um gargalo para a adesão desse modelo, conforme ocorre nos dias atuais.

Para isso, é necessário realizar estudos que atestem a viabilidade ou não deste tipo de projeto, para que no futuro, em caso positivo, os carregadores possam ser implementados.

1.5 Enquadramento metodológico e metodologia da pesquisa

Essa pesquisa é de cunho exploratório, onde foi analisada a viabilidade da implantação dos eletropostos na rodovia BR-116. O estudo buscou analisar a efetividade da aplicação.

A metodologia desta pesquisa foi estruturada nas seguintes etapas sequenciais:

1. **Revisão bibliográfica sobre infraestrutura de carregamento, autonomia de veículos e padrões técnicos:** Foi realizado um levantamento em bases acadêmicas e publicações do setor (como a ABVE) abrangendo tipos de veículos elétricos, tecnologias de bateria e topologias de carregadores.
2. **Segmentação da BR-116 em trechos contíguos:** A rodovia foi dividida em 21 trechos contíguos com auxílio do Google Maps, respeitando distâncias entre 215 km e 336 km.
3. **Coleta de dados sobre eletropostos existentes utilizando plataformas especializadas:** Utilizou-se a plataforma *PlugShare* (em outubro de 2025) para mapear carregadores de corrente contínua (CC) com potência igual ou superior a 50 kW operacionais e públicos.
4. **Coleta dos dados de fluxo (VMD) por trecho via DNIT:** O Volume Médio Diário de veículos para cada segmento foi obtido através do portal de dados abertos do DNIT.
5. **Estimativa da frota elétrica por trecho com base em percentuais atualizados da frota nacional:** A demanda foi projetada aplicando-se a premissa de que 1,98% do fluxo de veículos corresponde à frota elétrica.
6. **Aplicação de métrica de dimensionamento (razão carregadores/veículo):** Adotou-se a relação de necessidade de 1 carregador rápido para cada 10 veículos elétricos estimados

7. Comparação entre infraestrutura existente e demanda estimada: O estudo confrontou o levantamento da infraestrutura instalada com a demanda calculada para diagnosticar o déficit de equipamentos

1.6 Estrutura do trabalho

A organização deste trabalho está estruturada em sete capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução, contendo a contextualização do problema, os objetivos, a justificativa e o método de pesquisa adotado. O Capítulo 2 reúne a revisão da literatura, responsável por fundamentar o estudo com conceitos relacionados aos VEs, suas tecnologias e topologias. O Capítulo 3 descreve o objeto de estudo, apresentando informações relevantes sobre a BR-116. O Capítulo 4 aborda os tipos de carregadores elétricos e suas principais soluções disponíveis no mercado. O Capítulo 5 trata dos padrões de conectores e adaptadores utilizados no carregamento de veículos elétricos. No Capítulo 6, é apresentada a proposição da infraestrutura aplicada ao longo da rodovia. Por fim, o Capítulo 7 reúne as considerações finais deste trabalho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Nesse capítulo são abordados os aspectos técnicos referentes aos tipos de VEs, assim como os tipos de baterias utilizados nestes veículos e os modos de carregamento.

2.1 Tipos de VEs

O VE resumidamente é aquele que possui um ou mais motores elétricos que movimentam seus eixos, sendo alimentados completamente ou parcialmente por baterias. Atualmente, estes veículos se dividem em grupos, sendo os principais: Veículo Elétrico Híbrido (HEV – *Hybrid Electric Vehicle*), Veículo Elétrico Híbrido com Plugue (PHEV – *Plug-in Hybrid Vehicle*) e o Veículo Elétrico a Bateria (BEV – *Battery Electric Vehicle*). Além dos tipos citados acima, pode ser mencionado o Veículo Elétrico a Célula de Combustível (FCEV – *Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicle*), ainda está no estágio inicial de entrada no mercado de VEs, sendo encontrado majoritariamente no Estados Unidos, por essa razão não lhe será dado ênfase nesse TCC (BRADLEY, 2009).

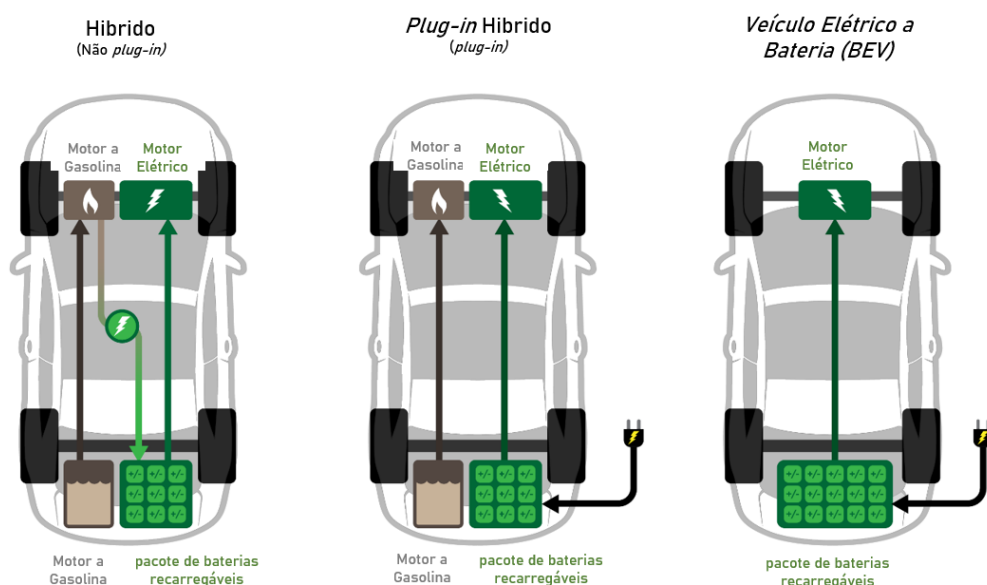
O HEV é constituído de dois motores, sendo um elétrico e outro a combustão, para fornecer propulsão ao veículo. Este modelo é conhecido por ter uma excelente eficiência no uso de combustível, isto porque o motor elétrico auxilia o motor a combustão, reduzindo o consumo. Quando o veículo está parado ou em baixa velocidade, geralmente o motor elétrico é utilizado, sendo esse geralmente o comportamento dentro das cidades. Devido a esse tipo de comportamento, menor emissão de gases poluentes acaba sendo observada nesse modelo no ambiente comparado aos modelos a combustão convencionais. O PHEV diferencia-se do modelo HEV pois a bateria pode ser carregada por fontes externas, enquanto que o HEV não possui esta opção. Esta funcionalidade permite que o PHEV percorra distâncias muito maiores em seu modo elétrico que comparado aos modelos HEV, tornando-o muito mais eficiente e ainda menos poluente (MASHADI; CROLLA, 2011).

O BEV é o veículo totalmente elétrico, não depende de nenhum tipo de motorização a combustão e necessita apenas de carregamento elétrico como forma

de abastecimento. Este carregamento pode ser feito em estabelecimentos que dispõem de um carregador *Wall Box* e também pode ser feito em casa, caso o proprietário adquira um carregador elétrico residencial. Este modelo não emite nenhum gás poluente ao meio ambiente. É importante destacar que a eletricidade utilizada pelo BEV pode ou não ter sido gerada ou extraída por meios de combustíveis fósseis e que emitam gases poluentes durante o processo (REQUIA, 2018).

Uma característica comum interessante entre os três modelos apresentados é o uso de freios regenerativos. Esta tecnologia converte em energia elétrica parte da energia cinética que normalmente seria dissipada como calor durante a frenagem do veículo e a armazena na bateria, funcionando como uma segunda forma de carregamento.

Figura 5 - Tipos de Veículos Elétricos

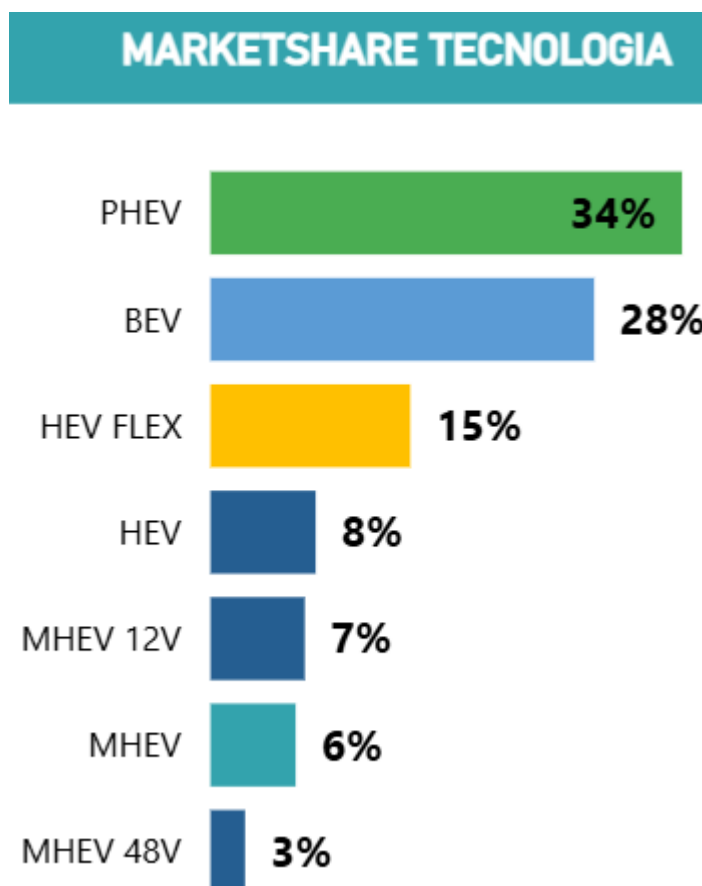


Fonte: Adaptado de NeoCharge (2023)

De acordo com dados da ABVE (2025), os PHEVs seguem liderando o mercado brasileiro de eletrificados, representando 34% do total. Em seguida, os BEVs aparecem com 28% de participação. Os híbridos flex (HEV FLEX), que combinam motores elétricos e a versatilidade do uso de etanol ou gasolina, correspondem a 15%. Já os híbridos convencionais (HEV) possuem 8% do *market share*, enquanto os

MHEVs aparecem distribuídos em diferentes categorias: MHEV 12V com 7%, MHEV com 6% e MHEV 48V com 3%. Esses valores estão ilustrados na Figura 6.

Figura 6 – *Market share* Tipos de VEs no Brasil



Fonte: ABVE (2025)

Esses dados refletem a evolução e a diversificação do mercado de veículos eletrificados no Brasil, impulsionados pela busca por alternativas mais sustentáveis e eficientes.

2.2 Análise dos BEVs comercializados no Brasil

Atualmente, o Brasil conta com aproximadamente 150 mil BEVs comercializados, conforme dados da ABVE. Considerando que o estudo se dedicou à análise da infraestrutura de eletropostos em rodovias brasileiras, foram selecionados

apenas os modelos mais adequados para viagens, excluindo-se veículos cuja autonomia fosse inferior a 250 km, usualmente destinados ao uso urbano. A Tabela 1 apresenta os BEVs mais comercializados no país, com participação de mercado superior a 1%, contemplando modelos com características compatíveis com deslocamentos rodoviários, bem como suas respectivas autonomies. Ao final, é demonstrada a autonomia média do grupo, calculada por meio de média ponderada pelo marketshare, a qual serviu de referência para análises posteriores.

Tabela 1 – BEVs mais vendidos para uso em viagens

Posição	Modelo	Fabricante	Quantidade	MarketShare	Autonomia (km)
1	DOLPHIN MINI GS EV	BYD	47562	31,50%	280
2	DOLPHIN GS 180EV	BYD	26714	17,70%	291
3	DOLPHIN PLUS 310EV	BYD	7404	4,90%	330
4	SEAL AWD GS 590EV	BYD	7287	4,80%	372
5	YUAN PRO GS 290EV	BYD	4058	2,70%	250
6	ORA 03 SKIN BEV48	GWM	3950	2,60%	232
7	Yuan Plus GL 310EV	BYD	3316	2,20%	294
8	ORA 03 GT BEV63	GWM	3148	2,10%	319
9	VOLVO EX30 E60 ULTRA	VOLVO	1728	1,10%	338
10	XC40 6 PLUS	VOLVO	1698	1,10%	367
MÉDIA DE AUTONOMIA					293

Fonte: Autoria própria (2025)

****Autonomia considerada no padrão INMETRO.**

Com base nos dados apresentados, verifica-se uma oferta crescente de modelos elétricos com autonomia adequada ao uso em rodovias, o que reforça a viabilidade da implantação de infraestrutura de recarga ao longo das principais rotas do país. Essa diversidade de opções, aliada ao aumento progressivo da frota elétrica, contribui para a consolidação dos eletropostos como elemento estratégico na expansão da mobilidade elétrica no Brasil.

2.3 Tipos de baterias utilizadas em VEs

As baterias utilizadas em VEs desempenham várias funções vitais. Elas são responsáveis por alimentar o motor elétrico que é o principal responsável pela propulsão do veículo. Além disso, fornecem energia para sistemas auxiliares, como iluminação, entretenimento e climatização, assegurando o conforto e a segurança dos passageiros. A eficácia dessas baterias depende não apenas de sua própria tecnologia, mas também da infraestrutura de carregamento disponível.

A relação entre as baterias e os carregadores é fundamental para a funcionalidade dos VEs. Existem diferentes tipos de carregadores, variando em termos de velocidade de carga, conveniência e requisitos de infraestrutura. Para escolher o modelo de carregador adequado é importante considerar os diferentes tipos de baterias disponíveis no mercado.

As baterias de íon-lítio são as mais comuns devido à sua alta densidade de energia e longa vida útil, disponíveis em composições como Lítio-Ferro-Fosfato (LiFePO_4) e Lítio-Polímero (LiPo). As baterias de Níquel-Metal-Hidreto (NiMH), conhecidas por sua robustez e segurança, são amplamente utilizadas em veículos híbridos. Embora menos comuns em VEs modernos, as baterias de chumbo-ácido ainda são usadas em algumas aplicações específicas por serem econômicas e confiáveis.

Outros tipos de baterias como as de estado sólido, ainda uma tecnologia emergente, prometem maior densidade de energia e segurança. Já as baterias de fluoreto de íon, ainda em desenvolvimento, apresentam potencial para maior eficiência e sustentabilidade, utilizando materiais mais abundantes e econômicos.

2.3.1 Baterias de íon-lítio (li-ion)

As baterias de íon-lítio são a principal tecnologia utilizada em VEs. Inicialmente desenvolvidas para dispositivos eletrônicos portáteis, essas baterias foram adaptadas para uso em veículos por suas significativas vantagens em desempenho e durabilidade (TOTEV, GUEORGIEV, 2021).

Esse tipo de bateria apresenta uma variedade de composições, resultando em diferentes subtipos com características específicas. Entre os mais comuns estão o Lítio-Ferro-Fosfato (LiFePO_4), reconhecido por sua segurança e longa vida útil, embora tenha uma menor densidade de energia em comparação com outras variações. Há também o Lítio-Polímero (LiPo), que utiliza um eletrólito de polímero em vez de líquido, permitindo formas mais flexíveis e designs compactos. Outra variação é o Óxido de Lítio-Cobalto (LiCoO_2), que oferece alta densidade de energia, mas é menos estável e possui uma vida útil mais curta. Por fim, o Óxido de Lítio-Manganês (LiMn_2O_4) e as baterias de Níquel-Cobalto-Manganês (NCM) equilibram densidade de energia, segurança e vida útil, sendo amplamente utilizados em VEs.

A alta densidade de energia permite que os veículos percorram distâncias maiores com uma única carga, enquanto sua eficiência de conversão energética reduz perdas durante os ciclos de carga e descarga. Além disso, essas baterias oferecem uma longa vida útil, com muitos ciclos de carga e descarga antes de uma degradação significativa. Comparadas a outras tecnologias, as baterias de íon-lítio são mais leves, contribuindo para a eficiência geral do veículo. Elas também suportam taxas de carga mais rápidas, o que é essencial para conveniência do usuário, e mantêm desempenho estável em uma ampla gama de temperaturas e condições de uso.

Estão disponíveis em vários formatos, sendo as mais comuns cilíndricas, prismáticas e *pouch* (saco). As baterias cilíndricas utilizadas em modelos como os veículos da Tesla, são conhecidas por sua durabilidade e facilidade de manufatura. As prismáticas, usadas em veículos como o Nissan Leaf, oferecem uma embalagem eficiente e densa em termos de espaço. Já as baterias *pouch* são flexíveis e leves, sendo utilizadas em diversos veículos devido à sua capacidade de serem moldadas em diferentes formas.

2.4 Estrutura rodoviária brasileira

As rodovias brasileiras desempenham um papel crucial na integração e desenvolvimento do país, abrangendo uma vasta extensão territorial. O Brasil possui uma das maiores redes rodoviárias do mundo, com uma malha rodoviária total que

ultrapassa os 1,7 milhões de quilômetros de rodovias federais, dos quais aproximadamente 220 mil são pavimentados (DELTA GLOBAL, 2024). Essas rodovias são essenciais para o escoamento de produtos agrícolas, minerais e industriais, além de facilitar o deslocamento de pessoas entre diferentes regiões. As rodovias são responsáveis por cerca de 60% do transporte de cargas e 95% do transporte de passageiros no país. Destacando-se como o principal meio de locomoção terrestre (CNT, 2023).

A infraestrutura rodoviária no Brasil é gerida por órgãos federais, estaduais e municipais, sendo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) responsável pela administração das rodovias federais. A manutenção e a melhoria dessa infraestrutura são desafios constantes, devido à extensão do território, às condições climáticas variadas e ao tráfego intenso de veículos pesados (ALMEIDA E MATOS, 2023). A falta de investimentos contínuos e a burocracia também representam obstáculos significativos para a modernização e expansão da malha rodoviária.

A qualidade das rodovias ainda apresenta problemas crônicos de infraestrutura, conforme aponta a Pesquisa CNT de Rodovias 2024. O estudo classificou o Estado Geral de 67% das rodovias como Regular, Ruim ou Péssimo, destacando que a pavimentação é precária em 56,9% da malha (CNT, 2024). A sinalização deficiente e a geometria inadequada das vias também são problemas graves que precisam ser abordados para melhorar a segurança e a eficiência do transporte rodoviário no Brasil.

3. A BR-116

Nesse capítulo são descritas as principais características da BR-116, abrangência, infraestrutura e relevância econômica e social, com foco em sua importância estratégica para a análise da viabilidade de instalação de carregadores para VEs. A contextualização da rodovia permite compreender os desafios e oportunidades relacionados à mobilidade elétrica em um dos principais eixos rodoviários do Brasil.

3.1 Descrição geral da BR-116

Com 4.610 km de extensão, a BR-116 atravessa 12 estados, conectando o Nordeste ao Sul e integrando grandes centros urbanos e regiões estratégicas, como Fortaleza, Salvador, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre. Essencial para o transporte de cargas e passageiros, é uma das rodovias mais importantes do Brasil (SOUZA, 2024).

Dentre seus trechos mais relevantes, destacam-se a Rodovia Presidente Dutra, que conecta São Paulo ao Rio de Janeiro, um dos principais corredores de transporte do país, a Rodovia Régis Bittencourt, que liga Curitiba a São Paulo e desempenha papel estratégico no transporte de cargas e passageiros entre o Sul e o Sudeste, a conexão entre Curitiba e Porto Alegre, vital para o escoamento agrícola e industrial, e os segmentos nordestinos que interligam capitais como Fortaleza e Salvador. Além do impacto econômico, essas áreas são propícias à expansão da infraestrutura de mobilidade elétrica, em razão do elevado fluxo de veículos (ESTADÃO, 2023).

3.2 Fluxo de veículos

A BR-116 é considerada uma das rodovias mais movimentadas do Brasil, com intenso fluxo de veículos leves e pesados. Na Rodovia Presidente Dutra (São Paulo-Rio de Janeiro), o tráfego diário ultrapassa 200 mil veículos, enquanto na Régis Bittencourt (São Paulo-Curitiba) atinge cerca de 100 mil, com proporção equilibrada entre leves e pesados (FIPE, 2024; PORTAL DE DADOS ABERTOS, 2024). Esse volume impacta diretamente demanda por carregadores de VEs, com alta

necessidade em trechos urbanos e soluções específicas para caminhões e ônibus elétricos. Áreas estratégicas como a Presidente Dutra e a Régis Bittencourt são prioritárias para infraestrutura de recarga, garantindo suporte à mobilidade elétrica (ALBA ENERGIA, 2024; MCKINSEY, 2024).

3.3 Infraestrutura atual

Condições estruturais variadas são apresentadas pela BR-116, com trechos bem conservados em grandes centros urbanos e outros que ainda necessitam de melhorias. Apesar de avanços pontuais, a rodovia segue demandando investimentos para garantir um padrão uniforme de qualidade (CNT, 2022; ANTT, 2023).

Além de uma rede de postos estrategicamente distribuídos, muitos com infraestrutura favorável à instalação de carregadores elétricos, a BR-116 conecta importantes polos econômicos e industriais, garantindo fluxo constante de veículos. No entanto, a disparidade na infraestrutura entre áreas desenvolvidas e remotas representa desafios para a expansão da mobilidade elétrica. Ainda assim, a rodovia tem grande potencial para se tornar um corredor elétrico estratégico, contribuindo para a transição energética e a redução de emissões no transporte (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2023; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2022)..

3.4 Aspectos regionais da BR-116

A viabilidade da instalação de carregadores elétricos na BR-116 varia conforme as características regionais. Em áreas urbanas e industriais, como São Paulo, Curitiba e Porto Alegre, a maior concentração de VEs e infraestrutura desenvolvida favorecem a demanda por estações de recarga. Já em trechos rurais e menos desenvolvidos, a baixa densidade populacional e o menor fluxo de veículos reduzem essa necessidade. Além disso, fatores climáticos, como altas temperaturas no Nordeste e chuvas intensas no Sul, podem exigir adaptações nos equipamentos (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2022).

A disponibilidade de energia elétrica é outro fator determinante. Em regiões urbanas, a proximidade de redes de alta capacidade facilita a instalação, enquanto em áreas remotas, a infraestrutura limitada pode exigir soluções alternativas, como energia solar ou eólica. A estabilidade do fornecimento também deve ser considerada para garantir a confiabilidade das estações de recarga. Diante dessas diferenças, um planejamento adaptado às condições locais é essencial para a eficiência do projeto (AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES, 2023).

4. TOPOLOGIA DE CARREGADORES DISPONÍVEIS

A topologia de carregadores para VEs envolve a configuração da infraestrutura e a maneira como a energia é entregue ao veículo. Essa análise é crucial para determinar a eficiência, custo e adequação a diferentes cenários de carregamento.

4.1 Carregador de Emergência

O carregador portátil que acompanha o veículo no momento da compra apresentado na Figura 7, permite a recarga em tomadas comuns de 20 A. Compacto e leve, pode ser transportado no porta-malas e utilizado em situações imprevistas, quando não há acesso a carregadores ou tomadas mais potentes.

Figura 7 - Carregador Emergencial



Fonte: NeoCharge (2023)

Embora seja prático, sua baixa potência resulta em um tempo de recarga prolongado, ele fornece cerca de 2 kW em 220 V ou 1 kW em 127 V. Assim, para um

veículo com bateria de 40 kW, uma carga completa pode levar até 40 h, tornando-se significativamente mais lenta em comparação a outros tipos de carregadores (NEOCHARGE, 2023).

4.2 Carregamento residencial

O carregamento convencional, também conhecido como *wallbox* ou residencial apresentado na Figura 8, é a forma mais comum e acessível de recarregar os VEs. Essa modalidade utiliza a CA fornecida pela rede elétrica convencional, permitindo que o próprio carregador interno do veículo converta a energia para CC e carregue a bateria (NEOCHARGE, 2023).

Esse método de carregamento se destaca por ser mais simples e barato, além de amplamente acessível. Suas principais características incluem uma potência que varia de 1,4 kW a 7,4 kW. Seu tempo de carregamento varia conforme a potência do carregador e a carga total do veículo, podendo ficar entre 6 a 22 h (TUPINAMBÁ ENERGIA, 2023).

Figura 8 - Carregador *Wallbox*



Fonte: Aztec Energia (2024)

Por se tratar de um método mais simples, necessitando apenas de uma tomada convencional (127 V ou 220 V), sua principal aplicação é a residencial, onde

motoristas podem carregar seus VEs durante a noite. Também é comum o uso em estacionamentos de longa permanência, como aeroportos e edifícios comerciais (ABRASCE, 2023).

4.3 Carregamento comercial

Esse tipo de carregamento é ideal para locais onde os veículos permanecem estacionados por algumas horas, oferecendo um equilíbrio entre velocidade e custo. A potência varia entre 7,4 kW e 22 kW em sistemas monofásicos ou trifásicos, e o tempo de recarga pode variar entre 3 a 8 h, dependendo da potência e da capacidade da bateria (REVISTA CARRO, 2023).

Esse método mostrado na Figura 9 é amplamente utilizado em locais de uso público e privado onde há uma demanda intermediária de recarga, como shoppings, supermercados e academias, permitindo que clientes recarreguem enquanto utilizam os serviços (NEOCHARGE, 2023).

Figura 9 - Carregador Comercial



Fonte: NeoCharge (2023)

As principais vantagens do carregamento comercial incluem o tempo de carregamento reduzido, uma recarga significativa em poucas horas e a

compatibilidade com a maioria da frota de VEs modernos, visto que suportam carregamento CA (TUPINAMBÁ ENERGIA, 2023).

4.4 Carregamento rápido

O carregamento rápido para VEs é uma tecnologia que permite a recarga da bateria em um tempo significativamente menor do que os métodos convencionais. Diferente do carregamento residencial e semi-rápido, que utilizam CA e dependem do conversor interno do veículo, o carregamento rápido utiliza CC diretamente na bateria, eliminando essa limitação e permitindo potências muito mais altas. O atendimento às necessidades dos motoristas é previsto no projeto dos carregadores rápidos em trânsito, oferecendo um carregamento eficiente em locais de grande circulação (GREENYELLOW, 2023).

Uma das principais características desse tipo de carregamento é a alta potência. Em geral, as estações de carregamento rápido oferecem potências que variam entre 50 kW e 150 kW, como apresentado na Figura 10, podendo atingir 250 kW ou mais em sistemas ultrarrápidos, como os Tesla *Superchargers*. Com essa capacidade, um veículo elétrico pode ter sua bateria carregada até 80% em apenas 30 minutos a 1 hora, reduzindo drasticamente o tempo necessário para reabastecimento e tornando a experiência de dirigir um carro elétrico mais prática e viável para longas viagens (TUPINAMBÁ ENERGIA, 2023).

A infraestrutura necessária para carregadores rápidos é robusta e exige conexão com redes elétricas de média tensão, que operam entre 380 e 800 V. Isso implica na necessidade de uma instalação adequada e de planejamento energético para evitar sobrecargas na rede elétrica. Além disso, a tecnologia utilizada nesses carregadores é mais avançada, envolvendo sistemas de controle térmico, gerenciamento de potência e protocolos de comunicação que garantem segurança e eficiência durante o carregamento (ABRASCE, 2023).

Entre as principais vantagens do carregamento rápido, destaca-se a possibilidade de reabastecimento extremamente veloz, tornando os VEs mais práticos e competitivos em relação aos modelos a combustão. Como a energia já é fornecida

em CC, a recarga ocorre de maneira mais eficiente, eliminando as limitações do carregador interno do veículo. Além disso, essa tecnologia tem papel relevante na expansão da mobilidade elétrica em larga escala, garantindo que os motoristas tenham acesso a pontos de recarga rápidos e estratégicos, o que incentiva a adoção de VEs (REVISTA CARRO, 2023).

Figura 10 – Estação de Carregamento Rápido Audi



Fonte: Gazeta do Povo (2022)

No entanto, esse tipo de carregamento também apresenta algumas desvantagens. O custo de instalação e manutenção das estações de carregamento rápido é elevado, pois exige uma infraestrutura elétrica avançada e equipamentos sofisticados. Além disso, o alto consumo de energia pode gerar impactos na rede elétrica local, sendo necessário um planejamento adequado para evitar sobrecargas e flutuações na distribuição de energia. Outro ponto importante a ser considerado é o impacto na longevidade das baterias, pois o uso frequente do carregamento rápido pode acelerar o desgaste das células, reduzindo a vida útil da bateria ao longo do tempo (NEOCHARGE, 2023).

4.5 Carregamento ultrarrápido

O carregamento ultrarrápido apresentado na Figura 11 representa o que há de mais avançado na tecnologia de recarga para VEs, proporcionando tempos de abastecimento ainda menores e tornando a experiência de uso desses veículos mais

próxima da praticidade oferecida pelos modelos a combustão. Esse tipo de carregamento opera exclusivamente com CC e utiliza potências extremamente altas, reduzindo o tempo necessário para recarregar a bateria e viabilizando longas viagens com paradas curtas (NEOCHARGE, 2023).

Figura 11 - Estação de Carregamento Ultrarápido



Fonte: NeoCharge (2023)

Os carregadores ultrarrápidos podem operar com potências superiores a 250 kW, chegando a 350 kW ou mais em alguns modelos de última geração. Essa capacidade permite que um veículo compatível recupere cerca de 80% da carga em menos de 20 min, possibilitando reabastecimentos rápidos e maior autonomia sem comprometer a rotina do motorista. Alguns fabricantes, como Tesla, Porsche e outras montadoras, já desenvolvem veículos com baterias que suportam essas potências elevadas, permitindo carregamentos extremamente eficientes (GREENYELLOW, 2023).

A infraestrutura para carregamento ultrarrápido é complexa e exige conexões diretas a redes elétricas de média tensão, muitas vezes superiores a 800 V. Esse nível de energia demanda equipamentos sofisticados, sistemas avançados de controle térmico, como o uso de cabos de resfriamento (ABRASCE, 2023).

O carregamento ultrarrápido é utilizado em rodovias e corredores de mobilidade elétrica. Ele também é uma solução fundamental para frotas comerciais e serviços de transporte de longa distância, como caminhões elétricos e ônibus urbanos de alta demanda. Em alguns países, governos e empresas privadas investem na instalação dessas estações para incentivar a adoção de VEs e facilitar a transição para um modelo de transporte mais sustentável (REVISTA CARRO, 2023).

Entre as principais vantagens do carregamento ultrarrápido está a possibilidade de abastecer VEs em um tempo semelhante ao de um reabastecimento convencional com combustíveis fósseis, tornando-os muito mais práticos para uso diário e viagens longas. Essa tecnologia também elimina grande parte da ansiedade de autonomia. Além disso, a eficiência energética dos carregadores ultrarrápidos é geralmente maior do que a de carregadores de menor potência, reduzindo as perdas durante a transmissão de energia (TUPINAMBÁ ENERGIA, 2023).

Tabela 2 - Comparação das Tipologias de Carregamento

Tipologia	Potência	Tempo de Carga	Aplicação	Custo de Infraestrutura
Emergencial	1 – 3,6 kW	20 – 40 h	Emergências	Acompanha o Veículo
Convencional (CA)	1,4 – 7,4 kW	6 – 22 h	Residencial	Baixo
Comercial (CA)	7,4 – 22 kW	3 – 8 h	Estacionamentos, empresas	Médio
Rápido (CC)	50 – 150 kW	30 min – 1 h	Rodovias	Alto
Ultrarrápido (CC)	150 – 350 kW	10 – 30 minutos	Rodovias	Muito Alto

Fonte: Autoria Própria (2025)

Vale ressaltar que o tempo de carregamento pode variar conforme cada modelo de veículo, visto que possuem capacidade e sistemas de gerenciamentos de carga diferentes.

4.6 Potência de Recarga e Capacidade de Bateria nos Principais BEVs Rodoviários

Para dimensionar corretamente a infraestrutura de recarga em rodovias, é essencial compreender não apenas os tipos de carregadores disponíveis, mas também a compatibilidade técnica dos veículos com essa infraestrutura. A Tabela 3 apresenta os 10 veículos elétricos mais vendidos no Brasil com uso viável em rodovias, destacando a potência máxima de recarga suportada por cada modelo em corrente contínua (CC), bem como a capacidade total de suas baterias. Esses parâmetros são determinantes para estimar o tempo de recarga e a demanda energética nos eletropostos.

Tabela 3 - Parâmetros de Recarga dos BEVs Mais Vendidos

Posição	Modelo	Fabricante	Capacidade da Bateria (kWh)	Potência de Recarga (AC / DC)
1	DOLPHIN MINI GS EV	BYD	38	6,6 kW / 40 kW
2	DOLPHIN GS 180EV	BYD	44,9	6,6 kW / 60 kW
3	DOLPHIN PLUS 310EV	BYD	60,5	7 kW / 80 kW
4	SEAL AWD GS 590EV	BYD	82,5	11 kW / 150 kW
5	YUAN PRO GS 290EV	BYD	45,1	6,6 kW / 60 kW
6	ORA 03 SKIN BEV48	GWM	48	11 kW / 64 kW
7	Yuan Plus GL 310EV	BYD	60,5	7 kW / 80 kW
8	ORA 03 GT BEV63	GWM	63	11 kW / 67 kW
9	EX30 E60 ULTRA	VOLVO	69	11 kW / 153 kW
10	XC40 6 PLUS	VOLVO	69	11 kW / 150 kW

Fonte: Adaptado de ABVE (2025)

Observa-se que há significativa variação tanto na potência de recarga quanto na capacidade de armazenamento das baterias entre os modelos analisados. Veículos com maior suporte de potência permitem recargas mais rápidas, reduzindo o tempo de permanência nos eletropostos e otimizando o fluxo em estações rodoviárias. Esses dados reforçam a necessidade de padronização e diversificação nos pontos de recarga, de modo a atender adequadamente a diferentes perfis de veículos elétricos em circulação.

5. PRINCIPAIS PADRÕES DE CONECTORES PARA CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Os conectores utilizados no carregamento de VEs seguem diferentes padrões conforme a região e a tecnologia empregada. Eles são projetados para atender distintos níveis de potência e tipos de corrente elétrica, seja alternada ou contínua.

5.1 Tipo 1 (SAE J1772)

O conector Tipo 1 mostrado na Figura 12, também conhecido como SAE J1772, é o padrão adotado na América do Norte e Japão para carregamento em CA. Ele é caracterizado por design de cinco pinos e é utilizado principalmente para carregamento convencional ou comercial, operando em potências de até 7,4 kW em 220 V (monofásico). Como limitação, o Tipo 1 não suporta carregamento trifásico, o que reduz sua eficiência em comparação a outros padrões utilizados na Europa (NEOCHARGE, 2023).

Figura 12 - Conector SAE J1772



Fonte: *LugEnergy* (2025)

Apesar de ser amplamente aceito nos Estados Unidos, alguns fabricantes já começaram a migrar para padrões mais universais, como o CCS, que integra a

interface do conector Tipo 1 com pinos adicionais para carregamento rápido em CC (REVISTA CARRO, 2023).

5.2 Tipo 2 (MENNEKES)

O conector Tipo 2 mostrado na Figura 13, também chamado de Mennekes, é o padrão oficial da União Europeia para carregamento de VEs em CA. Ele foi projetado para suportar redes monofásicas e trifásicas, permitindo carregamentos de até 22 kW em CA para uso residencial e até 43 kW em CA para carregadores públicos de alta potência (LUGENERGY, 2023).

Figura 13 - Conector Tipo 2 (Mennekes)



Fonte: *LugEnergy* (2025)

Uma das principais vantagens do Tipo 2 é sua versatilidade, pois permite carregamento em diferentes níveis de potência e se tornou um padrão amplamente adotado por montadoras que comercializam veículos na Europa. Além disso, o conector Tipo 2 foi integrado ao CCS2 (*Combined Charging System* Tipo 2), que adiciona pinos extras para suportar carregamento rápido em CC, ampliando sua aplicabilidade (MIDA POWER, 2023).

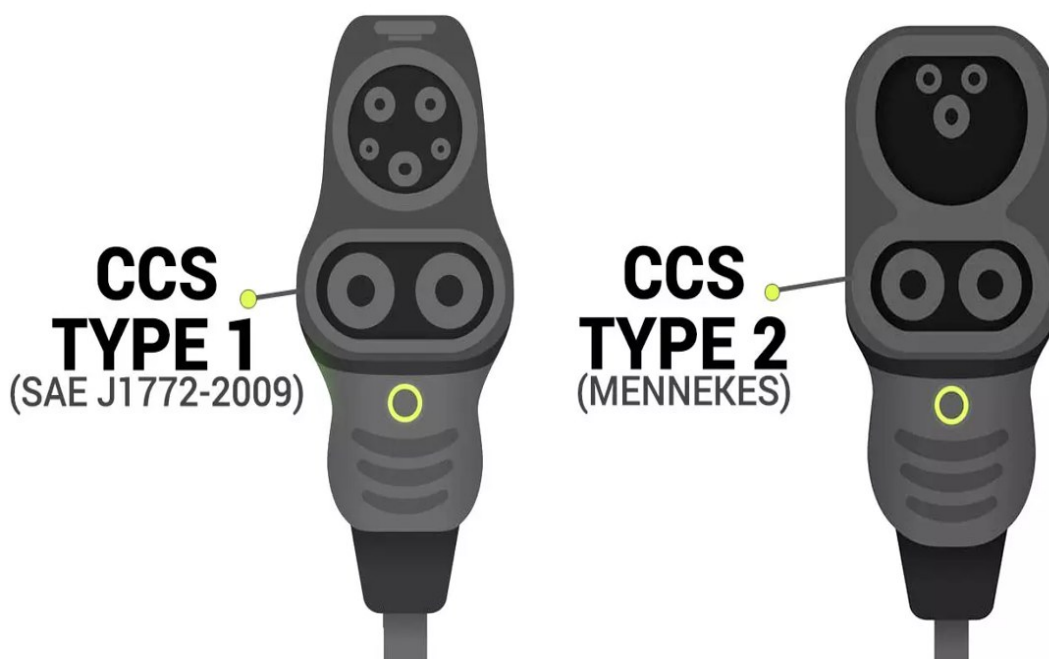
5.3 CCS (Combined Charging System – CCS1 E CCS2)

O CCS (*Combined Charging System*) mostrado na Figura 14 é um dos padrões mais modernos e amplamente aceitos no mundo, oferecendo compatibilidade tanto para carregamento em CA quanto CC. Ele é uma evolução dos conectores Tipo 1 e CC (MIDAEVSE, 2023).

O CCS é dividido em duas versões principais:

- **CCS1 (América do Norte):** Baseado no conector Tipo 1 (SAE J1772), é o padrão adotado nos Estados Unidos e Canadá.
- **CCS2 (Europa e outras regiões):** Baseado no conector Tipo 2 (Mennekes), sendo o padrão utilizado na União Europeia, Brasil e outros países que seguem a regulamentação europeia (NEOCHARGE, 2023).

Figura 14 - Conectores CCS



Fonte: Midapower (2023)

Com o CCS, é possível atingir potências de 50 kW a 350 kW em CC, tornando-se o principal padrão para carregamento rápido e ultrarrápido de VEs. Sua aceitação

global e compatibilidade com carregadores de diferentes potências fazem dele um dos conectores mais promissores para o futuro da mobilidade elétrica (REVISTA CARRO, 2023).

5.4 CHAdeMO

O CHAdeMO apresentado na Figura 15 é um padrão de carregamento rápido em CC desenvolvido no Japão e amplamente utilizado por montadoras como Nissan, Mitsubishi e Subaru. Ele foi um dos primeiros padrões de carregamento rápido disponíveis comercialmente e permite potências de até 50 kW em sua versão tradicional, podendo chegar a 400 kW em versões mais recentes (MIDAPOWERT, 2023).

Figura 15 - Conector CHAdeMO



Fonte: Midapower (2023)

Apesar de seu pioneirismo, o CHAdeMO vem perdendo espaço para o CCS, que se tornou o padrão dominante na Europa e na América do Norte. Algumas montadoras japonesas também começaram a adotar o CCS em seus novos modelos, o que pode reduzir a popularidade do CHAdeMO no futuro (SUPORTE TUPINAMBÁ, 2023).

5.5 Tesla *supercharger*

O Tesla *Supercharger* é um conector proprietário desenvolvido pela Tesla para seus VEs. Diferente dos outros padrões, os carregadores Tesla são exclusivos para os modelos da marca e permitem carregamento ultrarrápido em CC, atingindo potências de 250 kW nos *Superchargers* V3 e até 1 MW nas versões mais recentes projetadas para caminhões elétricos (GREENDRIVE, 2023).

Inicialmente, os *Superchargers* utilizavam um conector exclusivo da Tesla, mas a empresa começou a adotar o padrão, apresentado na Figura 16, *North American Charging Standard* (NACS) nos Estados Unidos, tornando seus carregadores compatíveis com outros VEs. Além disso, na Europa, os veículos Tesla utilizam CCS2, garantindo maior compatibilidade com a infraestrutura existente no continente (GREENYELLOW, 2023).

Figura 16 - Conector NACS



Fonte: *GreenDrive* (2023)

A rede de *Superchargers* da Tesla é um dos diferenciais competitivos da marca, oferecendo carregamento ultrarrápido e integração total com os veículos da empresa. Recentemente, a Tesla tem expandido sua rede para permitir o uso por outras marcas, o que pode ampliar ainda mais a adoção desse padrão (ABRASCE, 2023).

6. PROPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA APLICADA

Para verificação da infraestrutura existente ao longo da rodovia BR-116, foi realizado um levantamento detalhado sobre a rede atual de eletropostos, considerando sua quantidade e distribuição, de modo a avaliar a capacidade de atendimento à frota presente e futura de VEs. Como fonte principal para determinação das distâncias entre os trechos, foi utilizado o site *Google Maps* (<https://maps.google.com>). Para obtenção de dados referentes ao fluxo médio diário de veículos, foram consultadas informações do VMD (Fluxo Médio Diário) disponibilizadas pelo DNIT, referentes ao ano de 2025 (<https://servicos.dnit.gov.br/dadospnct/mapa>). A consulta da infraestrutura existente de carregadores, com potências entre 50 kW e 350 kW, foi realizada no site *PlugShare* na segunda semana de outubro de 2025 (<https://www.plugshare.com>).

Para dimensionar a infraestrutura de recarga necessária ao longo da BR-116, a análise foi baseada nos seguintes parâmetros fundamentais:

- **Autonomia e Distância Segura:** Os trechos foram dimensionados para serem tecnicamente viáveis para os veículos elétricos (BEVs) atuais. A metodologia estabeleceu uma autonomia de referência de 293 km, baseada na média dos BEVs de perfil rodoviário mais vendidos no Brasil. Para garantir a segurança e evitar a "ansiedade de autonomia", foi aplicado um fator de segurança de 90%, limitando a distância máxima de cada trecho a aproximadamente 263 km. Isso assegura que um veículo possa percorrer um segmento completo sem risco de esgotamento da bateria.
- **Estimativa da Frota Elétrica:** Considerou-se que 1,98% do VMD de veículos em cada trecho são puramente de BEVs. Esse valor foi adotado com base na composição da frota eletrificada brasileira: estima-se que aproximadamente 7% da frota nacional é composta por veículos elétricos (SBT NEWS, 2025). Dentro desse universo, os BEVs representam cerca de 28% dos veículos eletrificados. Assim, ao aplicar 28% sobre os 7% de participação da frota elétrica, obtém-se o percentual aproximado de 1,98%, adotado no presente estudo para representar a participação dos BEVs na frota circulante.

- **Relação Carregador por Veículo:** Foi adotada a métrica de 1 carregador CC para cada 10 veículos elétricos estimados no trecho (IEA, 2022). Esta proporção é consistente com benchmarks internacionais e está alinhada com recomendações de entidades como a União Europeia para o desenvolvimento de suas redes de recarga, visando garantir alta disponibilidade e evitar filas.

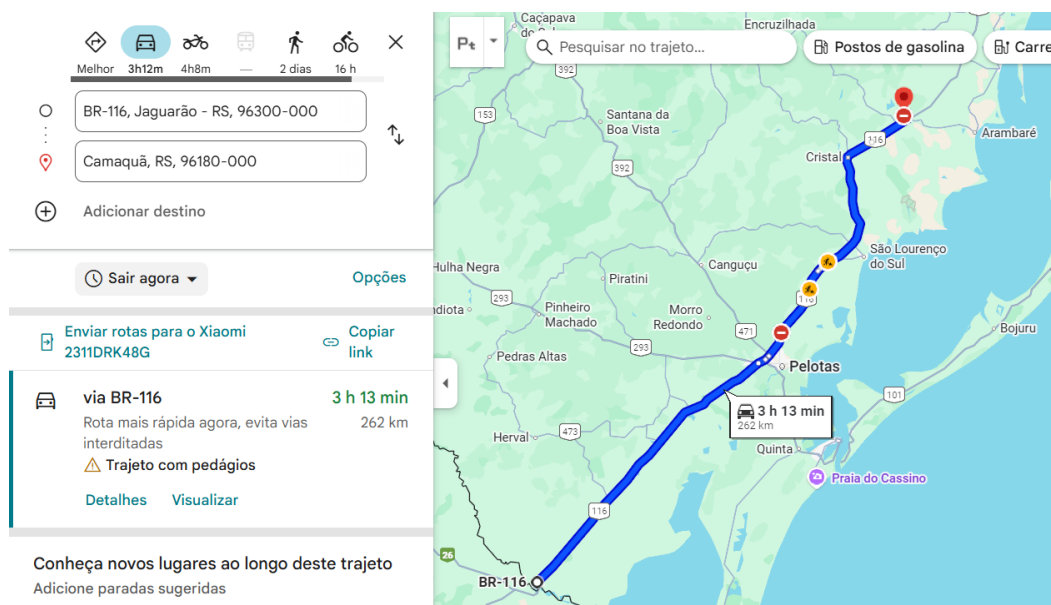
Para oferecer uma visão panorâmica e consolidada dos resultados, a Tabela 4 resume os dados levantados e o déficit de eletropostos para cada um dos vinte e um trechos da rodovia. Nas subseções seguintes, cada trecho é analisado individualmente, destacando a situação atual da infraestrutura, as necessidades específicas e as particularidades regionais observadas.

Como demonstrado na tabela 4, o cenário atual é de insuficiência crítica, com um déficit total de 378 carregadores ao longo da rodovia. Nos itens 6.1 a 6.21, cada trecho foi analisado individualmente para detalhar a base de cálculo, a infraestrutura existente e as particularidades regionais que levaram a estes resultados.

6.1 Primeiro Trecho: Jaguarão - RS / Camaquã - RS

O primeiro segmento analisado está localizado extremidade sul da BR-116, compreendendo o percurso entre Jaguarão - RS e Camaquã - RS, totalizando 263 km. Com base nos dados de tráfego, o trecho apresenta volume médio diário de 2151 veículos, dos quais aproximadamente 43 são VEs. Diante dessa demanda, estima-se a necessidade mínima de quatro carregadores CC distribuídos ao longo do trajeto.

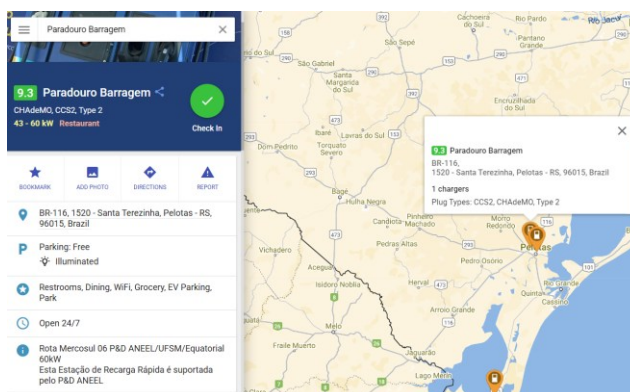
Figura 17 - Rota entre as cidades de Jaguarão a Camaquã



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Atualmente, existe apenas um ponto de recarga localizado no município de Pelotas – RS, resultando em déficit de três carregadores adicionais. A baixa presença de infraestrutura ao longo do trecho evidencia uma cobertura insuficiente logo no início da rodovia, comprometendo a conectividade elétrica da região.

Figura 18 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Primeiro Trecho

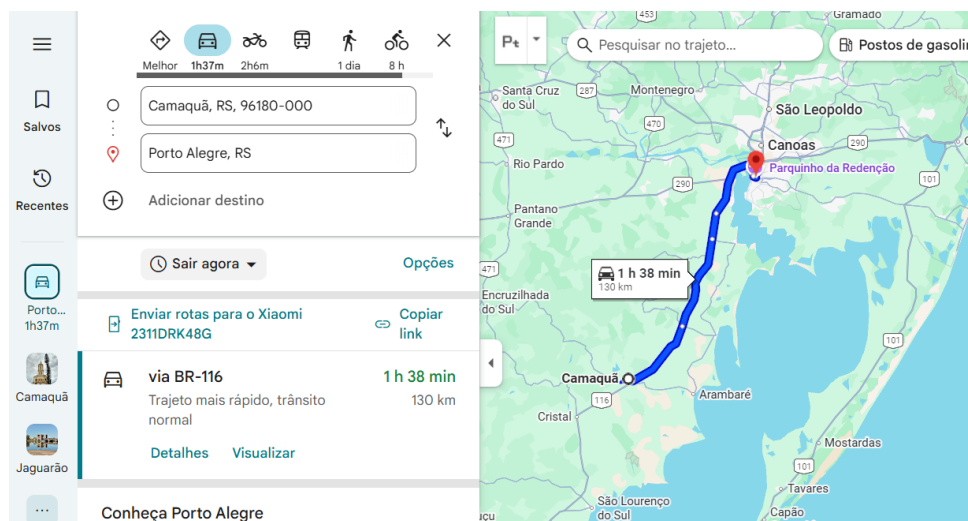


Fonte: PlugShare (2025)

6.2 Segundo Trecho: Camaquã - RS / Porto Alegre - RS

O trecho entre Camaquã - RS e Porto Alegre - RS possui extensão aproximada de 130 km. Com VMD de 9289 veículos, estima-se que cerca de 184 sejam VE, exigindo a instalação de 18 carregadores CC.

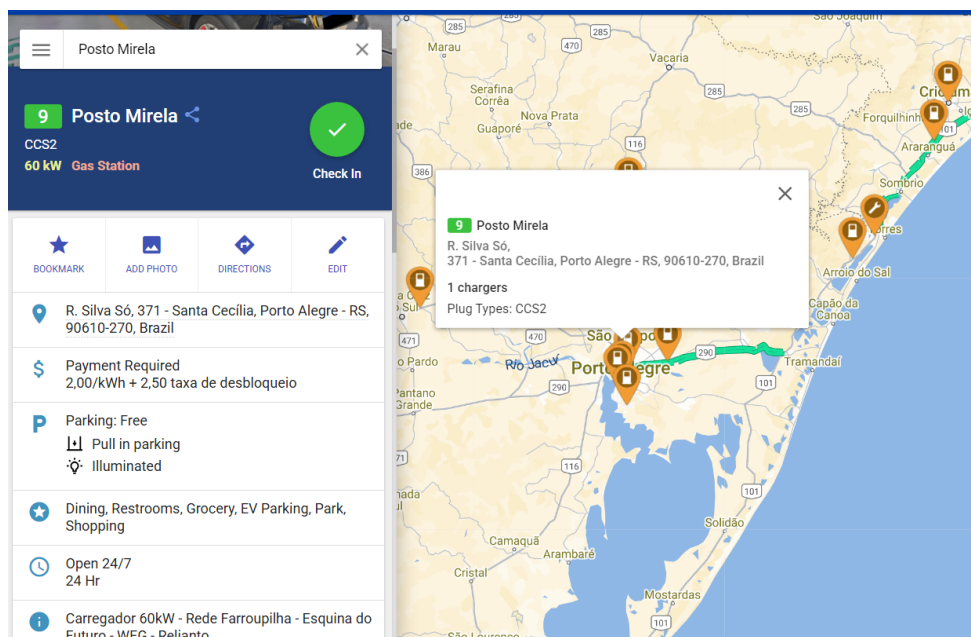
Figura 19 - Rota entre as cidades de Camaquã a Porto Alegre



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Foi revelada pela análise a existência de apenas cinco carregadores, todos concentrados na capital. O déficit de 13 carregadores demonstra que, apesar da proximidade com uma grande região metropolitana, a infraestrutura permanece restrita a um único ponto da rota, sem cobertura intermediária ao longo da BR-116.

Figura 20 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Segundo Trecho

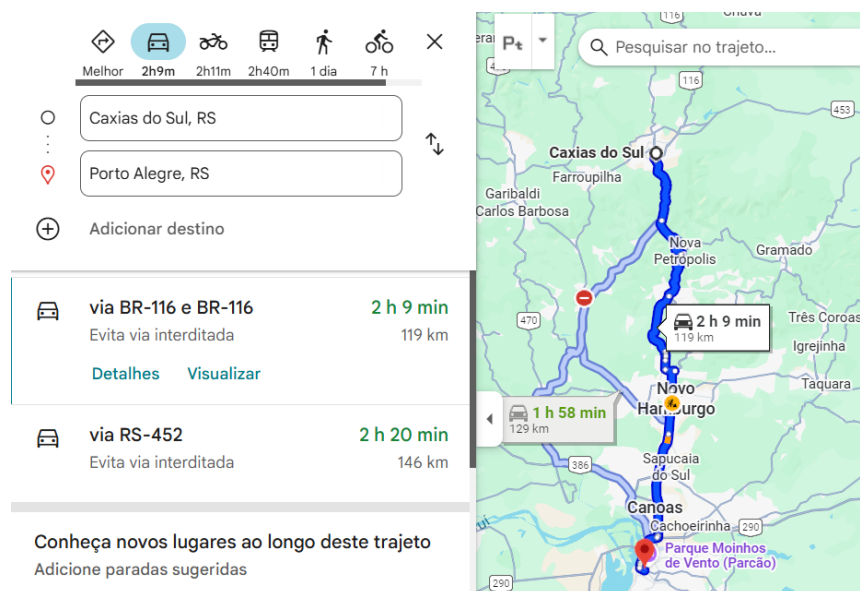


Fonte: PlugShare (2025)

6.3 Terceiro Trecho: Porto Alegre – RS / Caxias do Sul - RS

No segmento entre Porto Alegre - RS e Caxias do Sul - RS, com 119 km de extensão, o VMD é de 10068 veículos. Aproximadamente 199 desses são VE, demandando 20 carregadores CC para atendimento adequado.

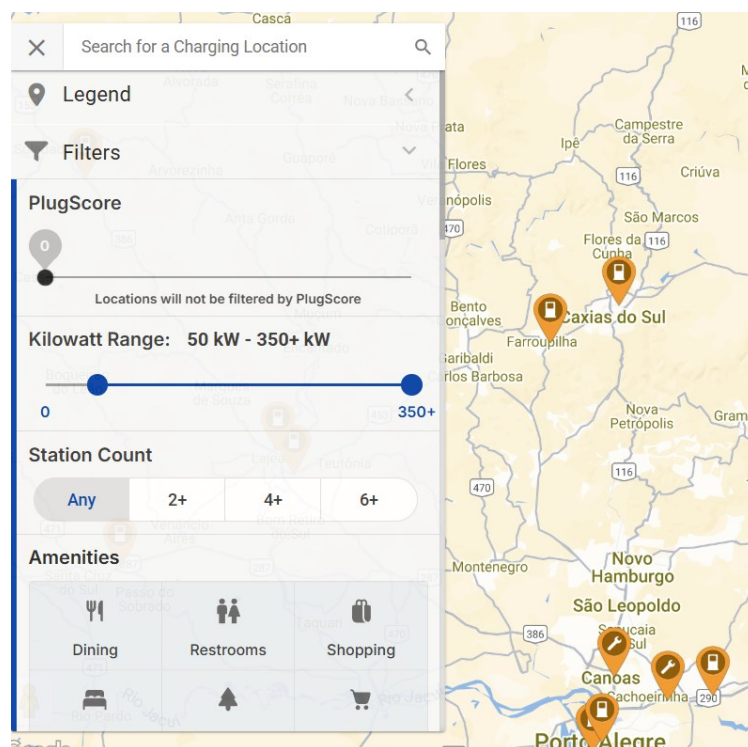
Figura 21 - Rota entre as cidades de Porto Alegre a Caxias do Sul



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Entretanto, foi identificado apenas um ponto de recarga, localizado em Caxias do Sul – RS. Assim, são necessários 19 novos carregadores ao longo do trajeto. Esse déficit expressivo, mesmo em uma região de significativo desenvolvimento industrial, evidencia que a expansão da infraestrutura elétrica ainda é incipiente no estado.

Figura 22 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Terceiro Trecho

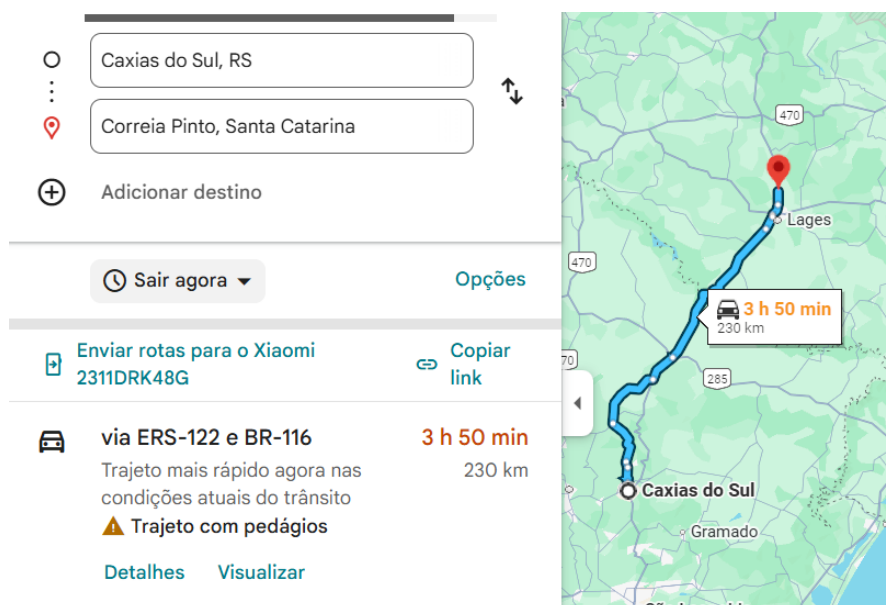


Fonte: PlugShare (2025)

6.4 Quarto Trecho: Caxias do Sul – RS / Lages - SC

Ao percorrer 230 km partindo de Caxias do Sul - RS, tem-se a cidade de Lages - SC. O VMD deste trecho é de 3715 veículos, dos quais cerca de 74 são VEs. Dessa forma, seriam necessários ao menos sete carregadores CC.

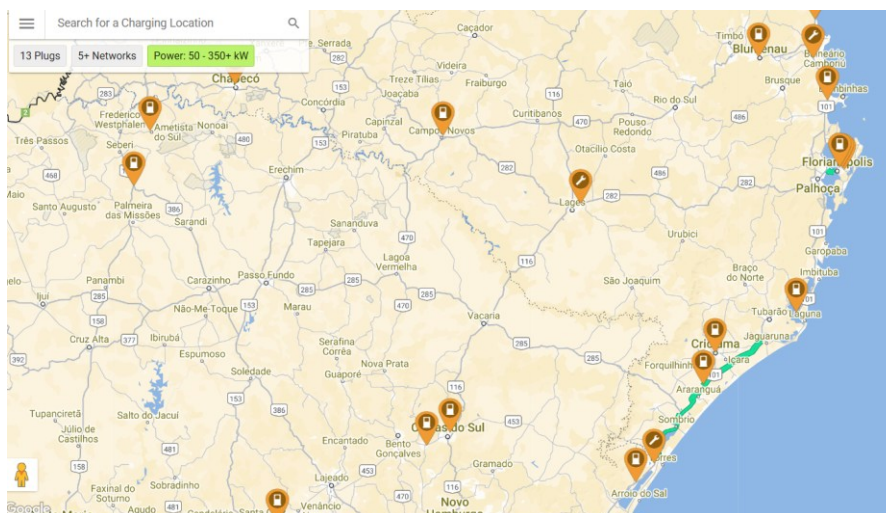
Figura 23 - Rota entre as cidades de Caxias do Sul a Lages



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Não foi identificado nenhum ponto de recarga ao longo da rodovia. A ausência completa de infraestrutura revela o primeiro “deserto de recarga” de grande extensão, destacando a dificuldade de abastecimento elétrico em regiões com menor densidade populacional, ainda que com significativa movimentação de passagem.

Figura 24 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Quarto Trecho

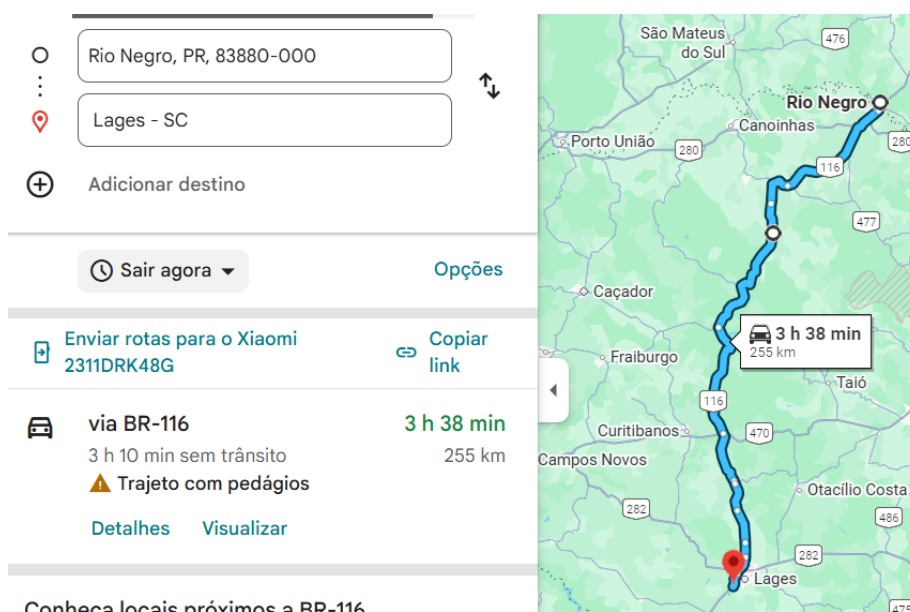


Fonte: PlugShare (2025)

6.5 Quinto Trecho: Lages - SC / Rio Negro - PR

No trecho entre Lages - SC e Rio Negro - PR, com aproximadamente 255 km, trafegam em média 3980 veículos por dia. Destes, estima-se que 79 sejam VEs, o que exigiria a instalação de oito carregadores CC ao longo do percurso.

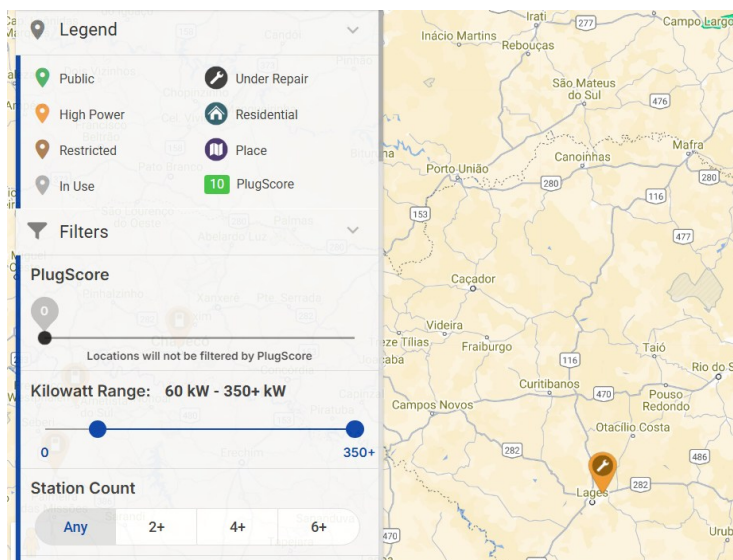
Figura 25 - Rota entre as cidades de Lages a Rio Negro



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Constatou-se apenas um ponto de recarga existente, resultando na necessidade de sete novos carregadores. O trecho reforça o padrão observado em partes do Sul do país: presença pontual de infraestrutura apenas em áreas urbanas, sem cobertura contínua da rodovia.

Figura 26 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Quinto Trecho

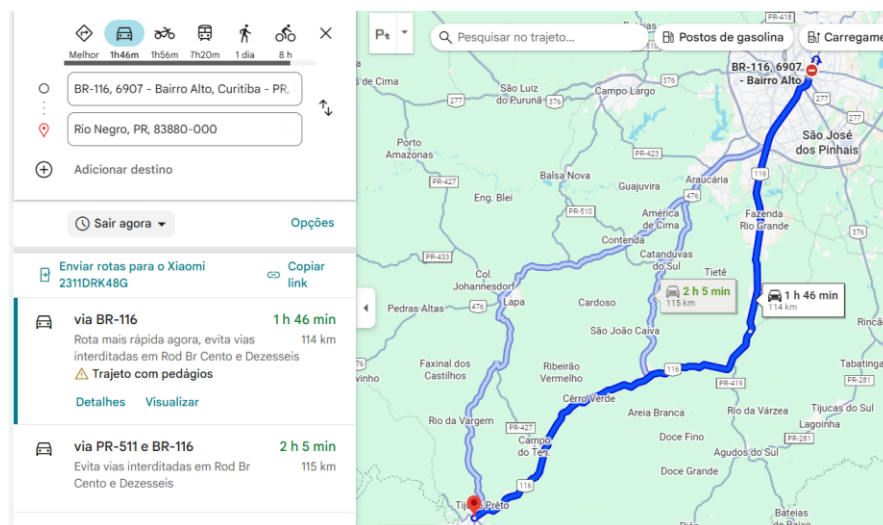


Fonte: Plugshare (2025)

6.6 Sexto Trecho: Rio Negro - PR / Curitiba - PR

O percurso entre Rio Negro - PR e Curitiba - PR totaliza 114 km e apresenta um dos maiores fluxos da BR-116: 43165 veículos por dia. Destes, aproximadamente 855 são VEs, exigindo a instalação de 85 carregadores CC.

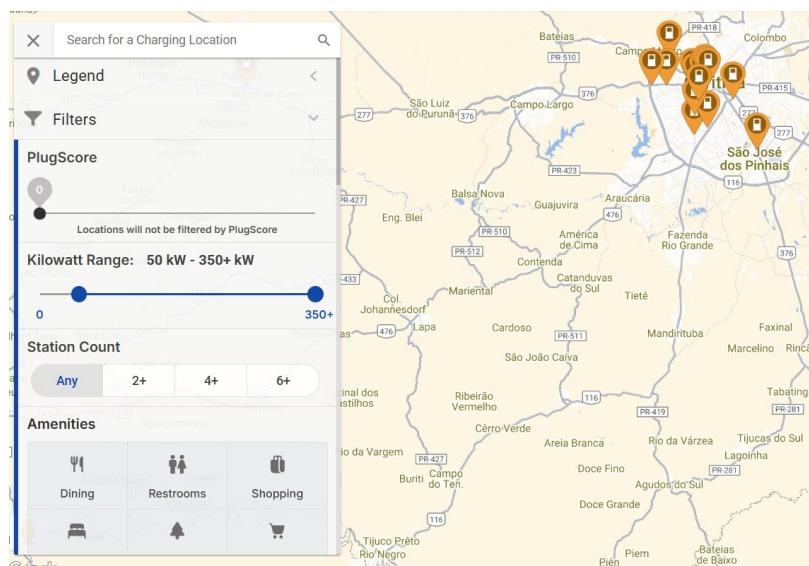
Figura 27 - Rota entre as cidades de Rio Negro a Curitiba



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Foram identificados 15 carregadores na capital paranaense, resultando em déficit de 70 unidades ao longo do trecho. A elevada demanda indica a necessidade não apenas de novos pontos isolados, mas de grandes *hubs* de recarga com múltiplos carregadores, capazes de atender fluxo comparável ao de postos de combustível tradicionais.

Figura 28 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Sexto Trecho

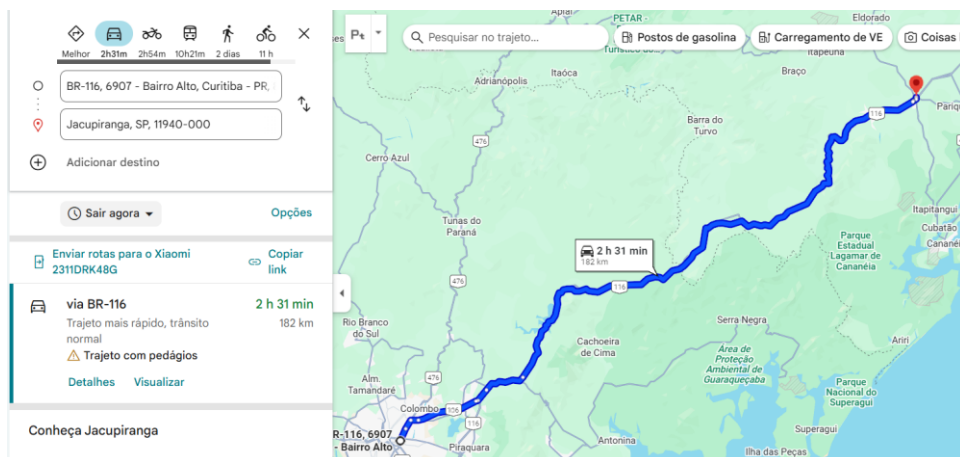


Fonte: PlugShare (2025)

6.7 Sétimo Trecho: Curitiba - PR / Jacupiranga - SP

O trecho seguinte, com 182 km de extensão, conecta Curitiba - PR ao município de Jacupiranga - SP. O VMD é de 15243 veículos, com estimativa de 302 VEs, o que implica necessidade de 30 carregadores CC.

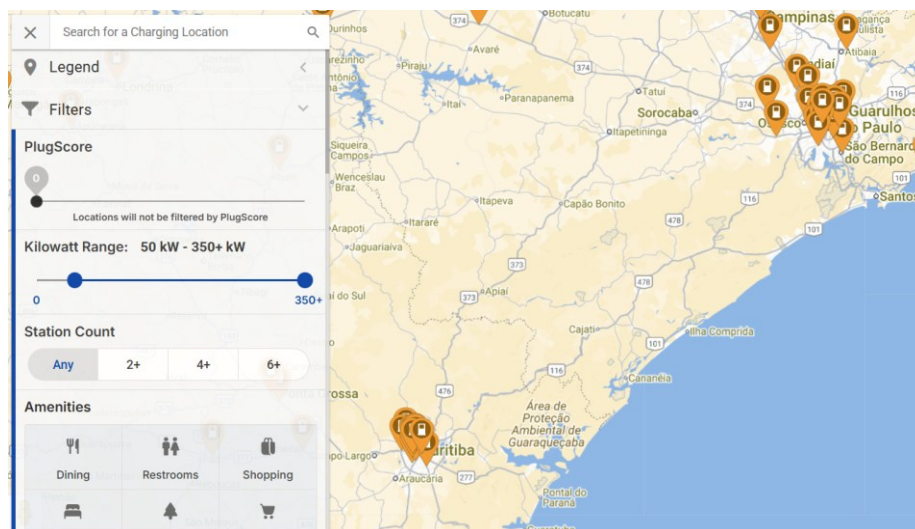
Figura 29 - Rota entre as cidades de Curitiba a Jacupiranga



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Como não há nenhum ponto de recarga ao longo do trecho, há déficit total de 30 unidades, caracterizando o segundo “deserto de recarga” identificado ao longo da BR-116.

Figura 30 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Sétimo Trecho

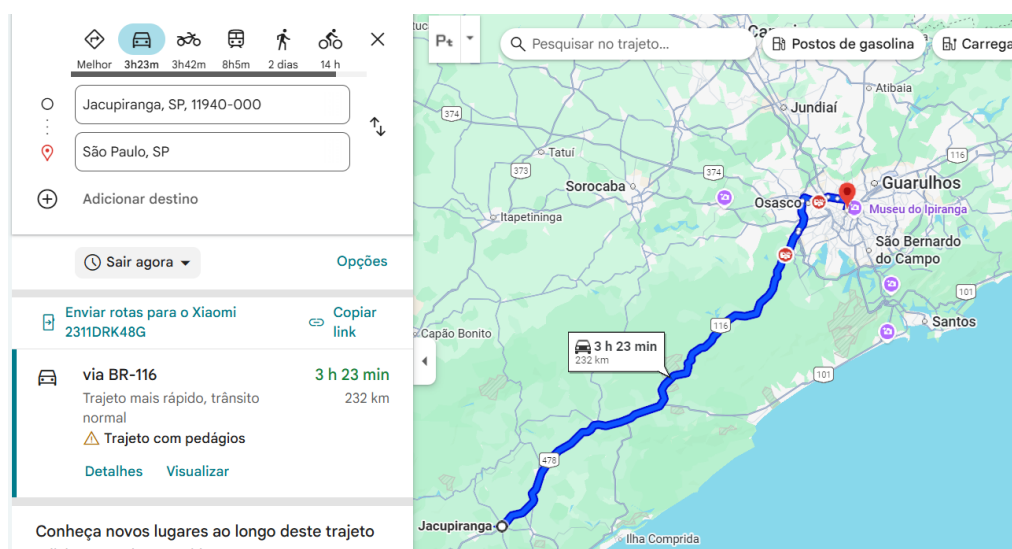


Fonte: PlugShare (2025)

6.8 Oitavo Trecho: Jacupiranga - SP / São Paulo - SP

Entre Jacupiranga - SP e São Paulo - SP, percorrem-se aproximadamente 232 km. O volume médio diário é de 21201 veículos, dos quais 420 são VEs, resultando na necessidade de 42 carregadores CC.

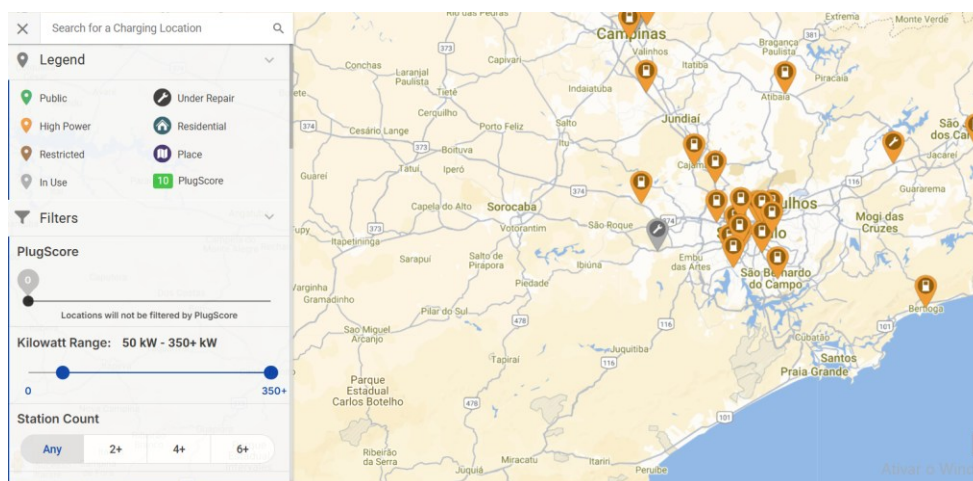
Figura 31 - Rota entre as cidades de Jacupiranga a São Paulo



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Atualmente, existem 17 carregadores instalados, concentrados na Região Metropolitana de São Paulo. Dessa forma, o trecho apresenta déficit de 25 unidades, evidenciando infraestrutura restrita ao destino final e inexistente no eixo rodoviário.

Figura 32 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Oitavo Trecho

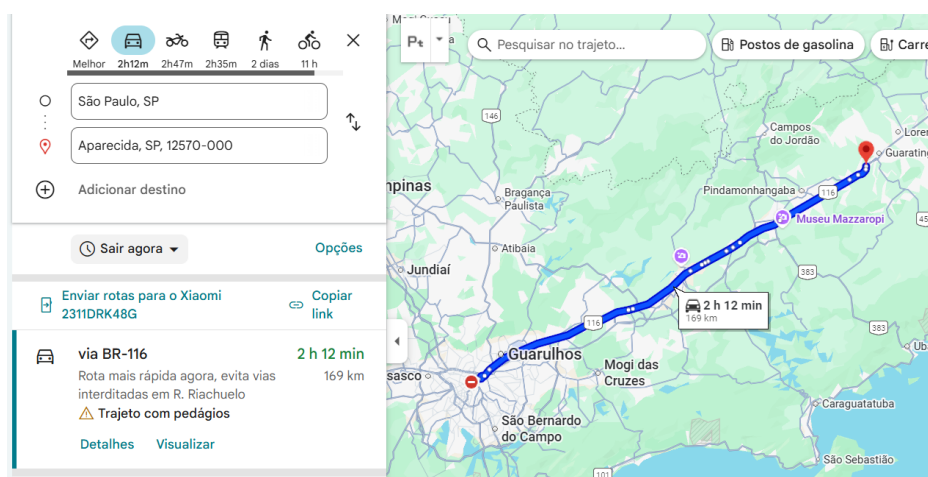


Fonte: PlugShare (2025)

6.9 Nono Trecho: São Paulo - SP / Aparecida - SP

O trecho entre São Paulo - SP e Aparecida - SP possui 169 km de extensão e volume diário médio de 31747 veículos. Estima-se que 629 sejam VEs, requerendo 63 carregadores CC.

Figura 33 - Rota entre as cidades de São Paulo a Aparecida

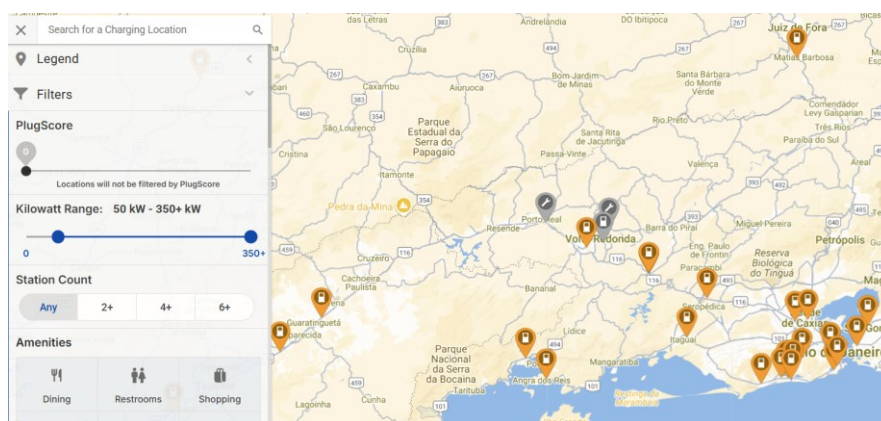


Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Foram identificados apenas três pontos de recarga, resultando em déficit de 60 unidades. A carência é preocupante considerando o intenso fluxo turístico para

A análise indica 13 pontos instalados, porém apenas 10 operacionais, gerando déficit de 27 unidades. Observa, que a região metropolitana do Rio de Janeiro também apresenta baixa disponibilidade, apesar de sua relevância logística, populacional e turística.

Figura 36 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Décimo Trecho

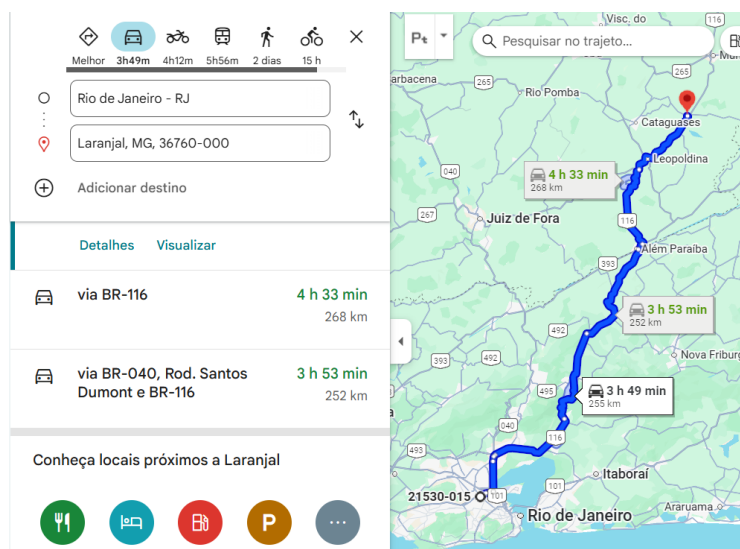


Fonte: PlugShare (2025)

6.11 Décimo Primeiro Trecho: Rio de Janeiro - RJ / Laranjal - MG

No trecho de 252 km que liga Rio de Janeiro - RJ a Laranjal - MG, o volume médio diário é de 2801 veículos, com aproximadamente 55 VEs. Dessa forma, seriam necessários seis carregadores CC.

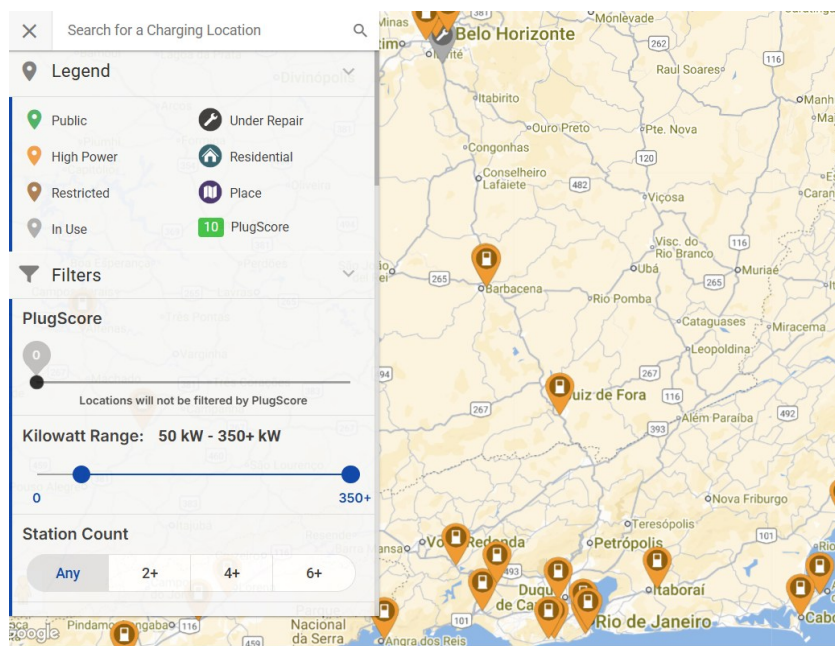
Figura 37 - Rota entre as cidades de Rio de Janeiro e Laranjal



Fonte: PlugShare (2025)

A inexistência de pontos de recarga ao longo do percurso resulta na necessidade total de seis instalações.

Figura 38 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Décimo Primeiro Trecho

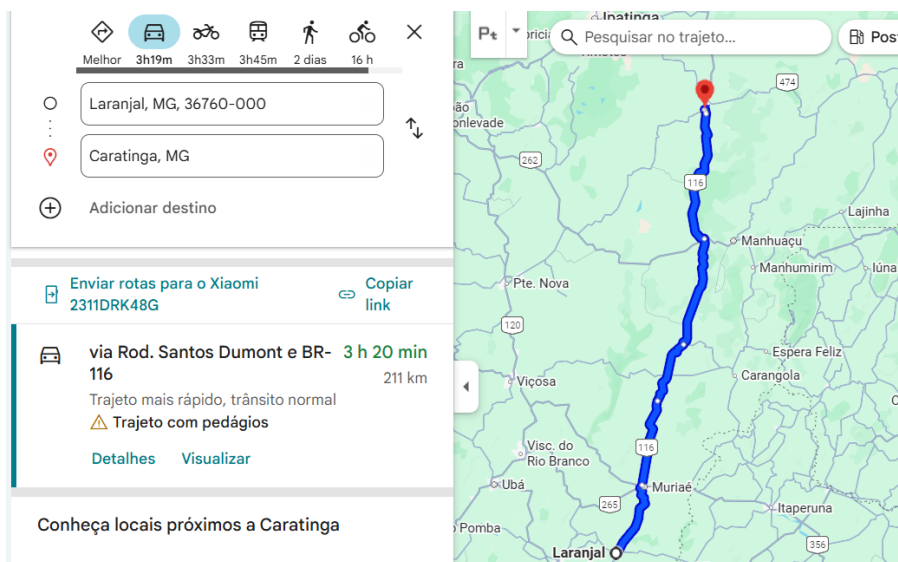


Fonte: PlugShare (2025)

6.12 Décimo Segundo Trecho: Laranjal - MG / Caratinga - MG

No segmento entre Laranjal - MG e Caratinga - MG, com 211 km, VMD é de 3265 veículos, sendo cerca de 65 VEs. Assim, são necessários pelo menos seis carregadores CC.

Figura 39 - Rota entre as cidades de Laranjal e Caratinga



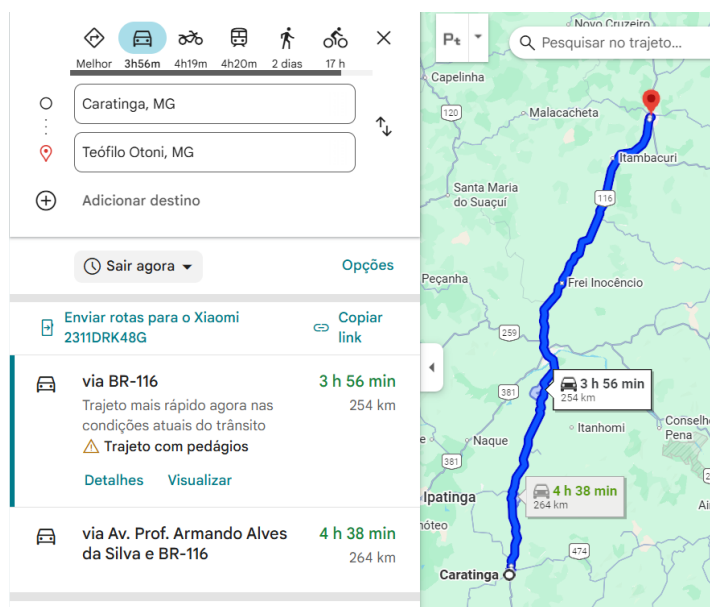
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Como não há carregadores instalados, todos os seis deveriam ser implantados ao longo do trecho.

6.13 Décimo Terceiro Trecho: Caratinga - MG / Teófilo Otoni - MG

Percorrendo 254 km, o trecho liga Caratinga - MG a Teófilo Otoni - MG. Com volume médio de 3708 veículos, aproximadamente 73 são VEs, exigindo sete carregadores CC.

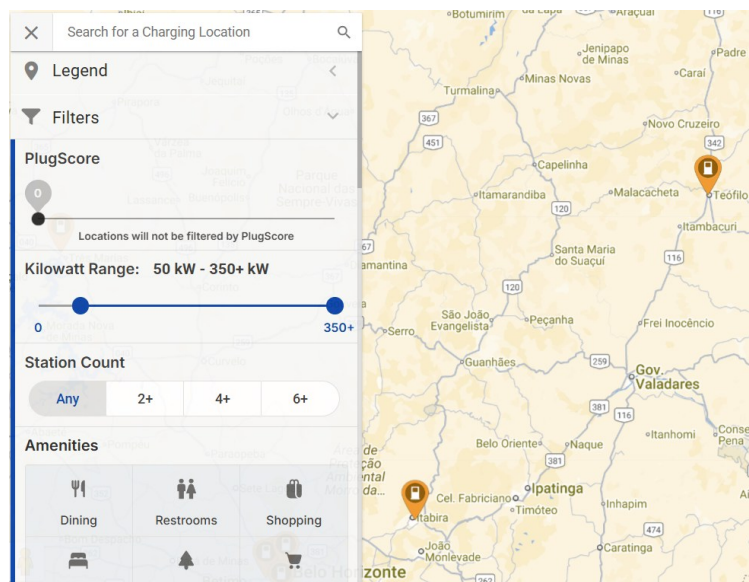
Figura 40 - Rota entre as cidades de Caratinga a Teófilo Otoni



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Há apenas um ponto instalado em Teófilo Otoni – MG, resultando em déficit de seis carregadores distribuídos pela rodovia.

Figura 41 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Décimo Terceiro Trecho

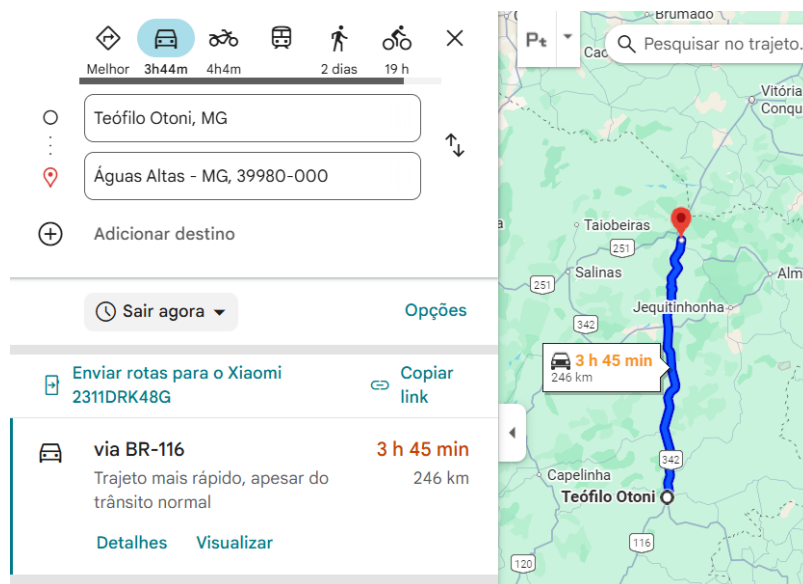


Fonte: PlugShare (2025)

6.14 Décimo Quarto Trecho: Teófilo Otoni - MG / Águas Altas - MG

Entre Teófilo Otoni - MG e Águas Altas - MG, com 246 km, circulam em média 3800 veículos por dia, dos quais 75 são VEs. Assim, são necessários oito carregadores CC.

Figura 42 - Rota entre as cidades de Teófilo Otoni a Águas Altas



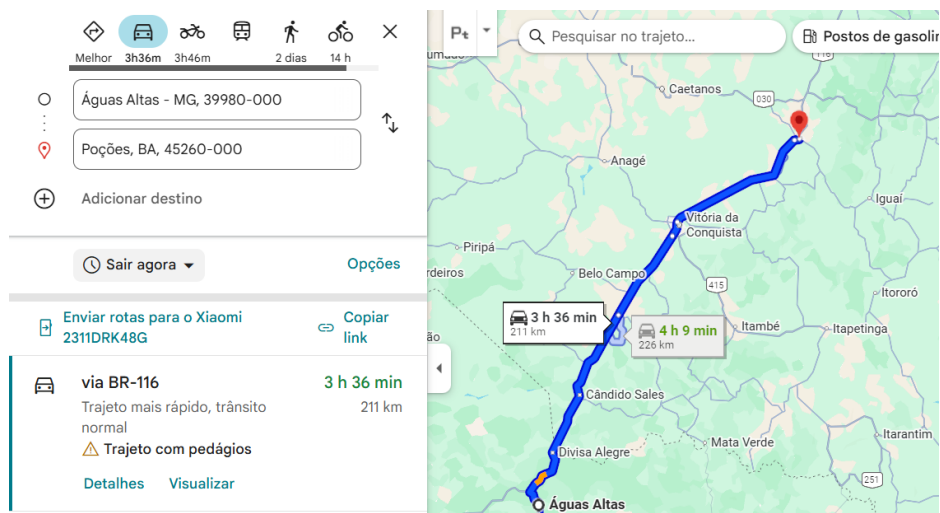
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Como o trecho não possui pontos de recarga, a necessidade total é de oito instalações.

6.15 Décimo Quinto Trecho: Águas Altas - MG / Poções - BA

No percurso entre Águas Altas - MG e Poções - BA, com 211 km, o volume médio diário é de 5406 veículos. Destes, estima-se que 107 sejam VEs, demandando 11 carregadores CC.

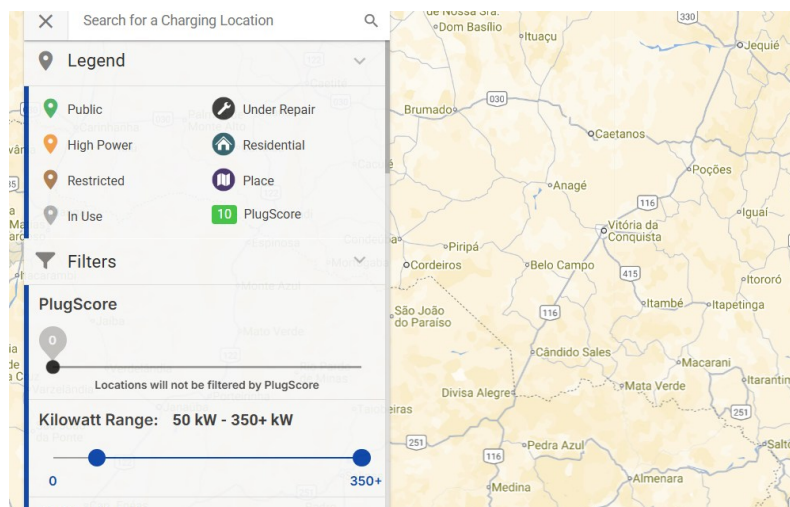
Figura 43 - Rota entre as cidades de Águas Altas a Poções



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Diante da ausência completa de infraestrutura, os 11 carregadores precisam ser instalados para atendimento adequado.

Figura 44 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Décimo Quinto Trecho

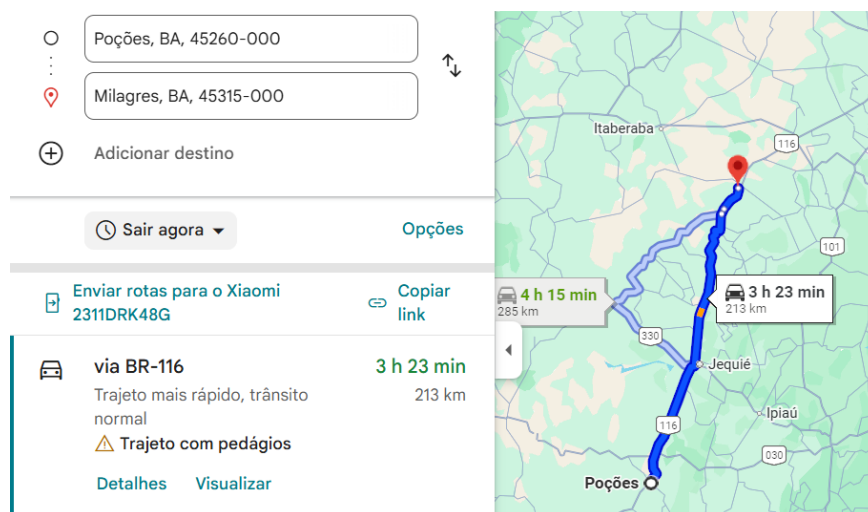


Fonte: PlugShare (2025)

6.16 Décimo Sexto Trecho: Poções - BA / Milagres - BA

O trecho entre Poções - BA e Milagres - BA possui 213 km. O volume médio diário é de 13607 veículos, dos quais aproximadamente 259 são VEs, resultando na necessidade de 26 carregadores CC.

Figura 45 - Rota entre as cidades de Poções a Milagres



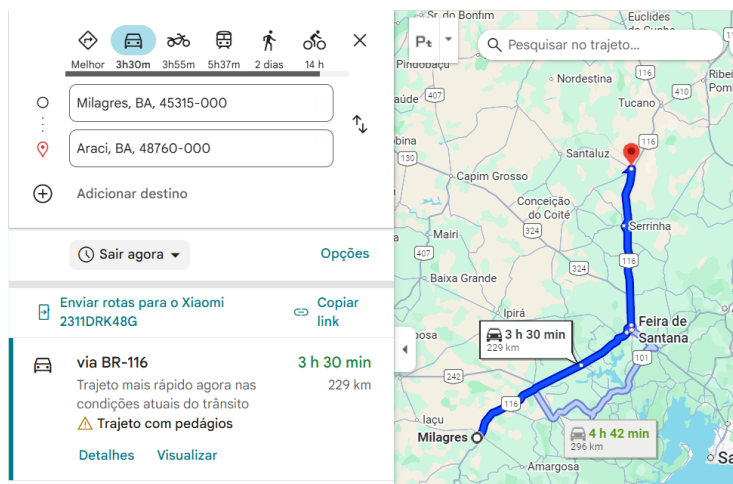
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Como nenhum ponto de recarga foi identificado, todos os 26 carregadores precisam ser implantados ao longo do percurso.

6.17 Décimo Sétimo Trecho: Milagres - BA / Araci - BA

Entre Milagres – BA e Araci – BA percorrem-se 229 km. O volume médio é de 14631 veículos diários, sendo cerca de 290 VEs, o que exige 29 carregadores CC.

Figura 46 - Rota entre as cidades de Milagres a Araci



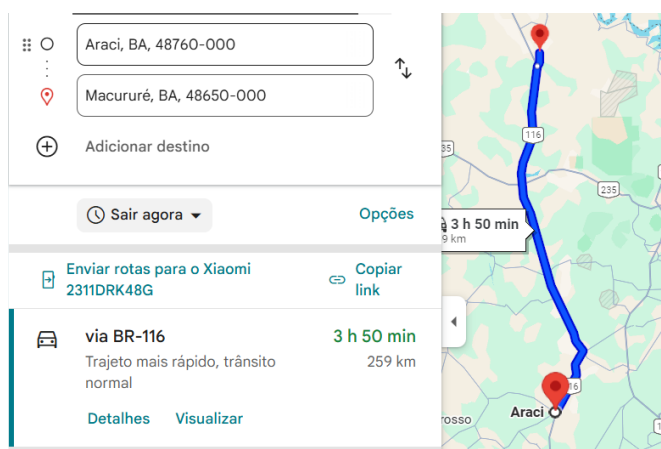
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Não foi identificado nenhum ponto de recarga, resultando no déficit total das 29 unidades necessárias.

6.18 Décimo Oitavo Trecho: Araci - BA / Macururé - BA

O trecho seguinte possui 259 km, com volume diário de 2542 veículos, dos quais aproximadamente 50 são VEs. Dessa forma, são necessários cinco carregadores CC.

Figura 47 - Rota entre as cidades de Araci a Macururé



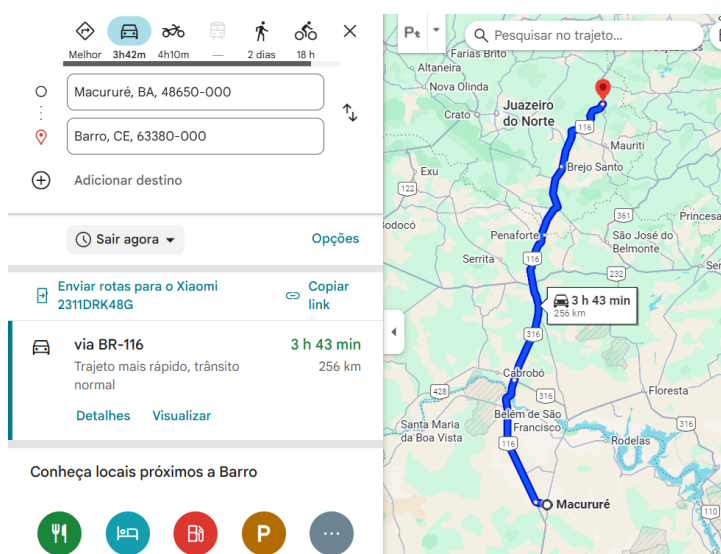
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Sem pontos instalados, os cinco carregadores deveriam ser implementados ao longo do percurso.

6.19 Décimo Nono Trecho: Macururé - BA / Barro - CE

Ao longo dos 256 km que separam Macururé - BA de Barro - CE, o VMD é de 3006 veículos, sendo cerca de 60 VEs. Estima-se a necessidade de seis carregadores CC.

Figura 48 - Trajeto entre as cidades de Macururé a Barro



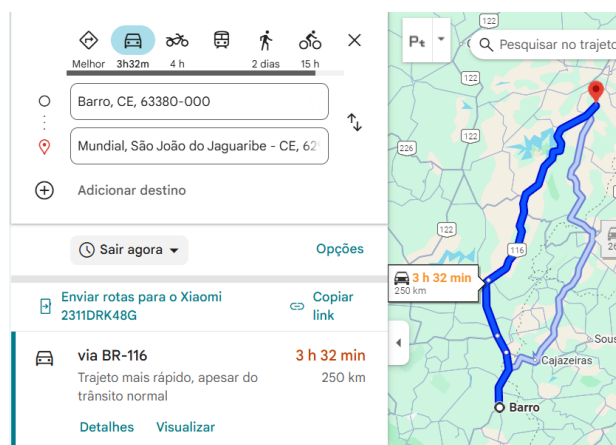
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Como não há carregadores ao longo do trecho, todos os seis deveriam ser instalados.

6.20 Vigésimo Trecho: Barro - CE / Mundial - CE

Com aproximadamente 250 km de extensão, este é o trecho de menor VMD da rodovia, com média de 980 veículos por dia. Destes, 19 são VEs, exigindo a instalação de dois carregadores CC.

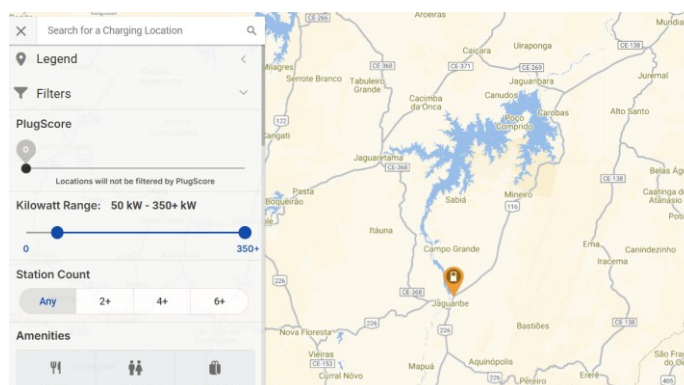
Figura 49 - Rota entre as cidades de Barro a Mundial



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Foi identificado um único carregador na cidade de Mundial - CE, restando déficit de um equipamento.

Figura 50 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Vigésimo Trecho

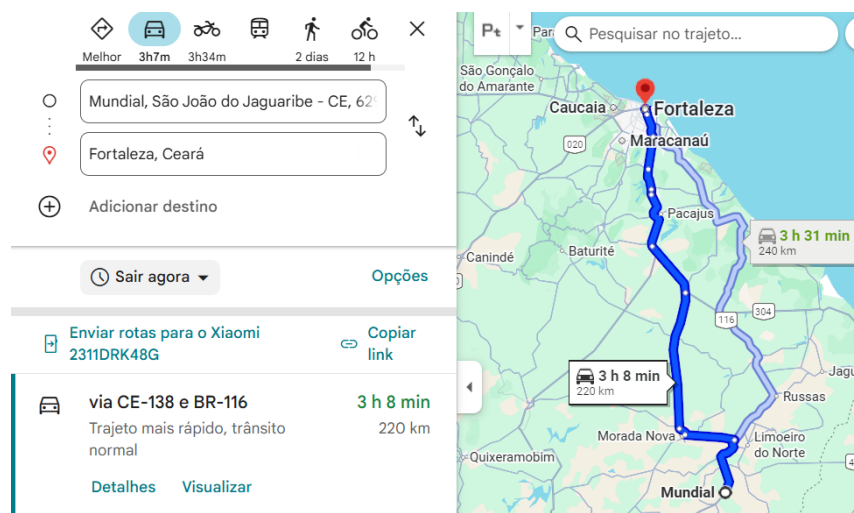


Fonte: PlugShare (2025)

6.21 Vigésimo Primeiro Trecho: Mundial - CE / Fortaleza - CE

No último trecho, entre Mundial – CE e Fortaleza – CE, percorrem-se 220 km. O volume diário médio é de 8644 veículos, sendo aproximadamente 171 VEs, o que requer 17 carregadores CC.

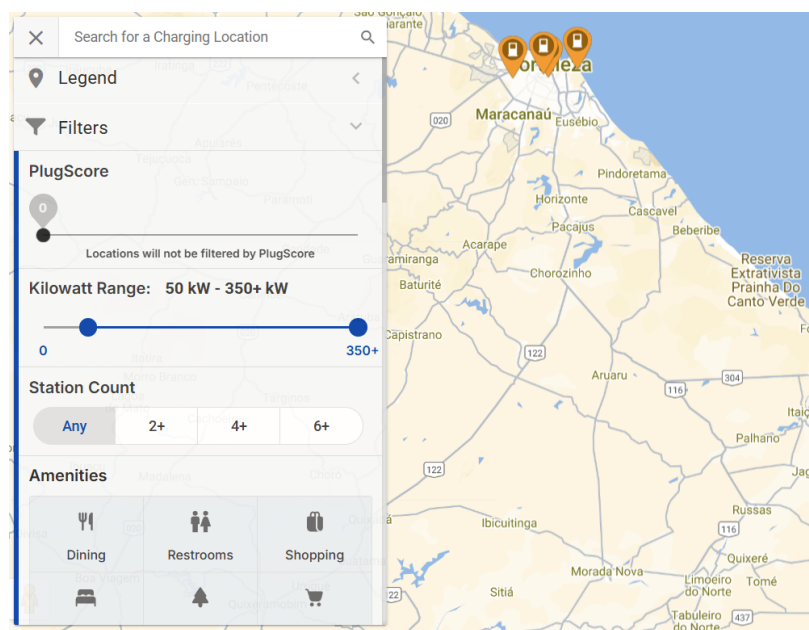
Figura 51 - Rota entre as cidades de Mundial a Fortaleza



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Google Maps (2025)

Há apenas quatro carregadores instalados, todos na região metropolitana de Fortaleza – CE, resultando em déficit de 13 unidades ao longo da BR-116.

Figura 52 - Disposição de Carregadores CC ao longo do Vigésimo Primeiro Trecho



Fonte: PlugShare (2025)

Tabela 4 - Resumo da Análise de Infraestrutura de Eletropostos na BR-116

Trecho	Rota	Distância (km)	Fluxo Médio Diário (VMD)	Frota BEV Estimada	Carregadores Necessários (CC)	Carregadores Existentes (CC)	Déficit
1	Jaguarão/RS – Camaquã/RS	263	2151	43	4	1	3
2	Camaquã/RS - Porto Alegre/RS	130	9289	184	18	5	13
3	Porto Alegre/RS – Caxias do Sul/RS	119	10068	199	20	1	19
4	Caxias do Sul/RS – Lages/SC	230	3715	74	7	0	7
5	Lages/SC – Rio Negro/PR	255	3980	79	8	1	7
6	Rio Negro/PR – Curitiba/PR	114	43165	855	85	15	70
7	Curitiba/PR – Jacupiranga/SP	182	15243	302	30	0	30
8	Jacupiranga/SP – São Paulo/SP	232	21201	420	42	17	25
9	São Paulo/SP - Aparecida/SP	169	31747	629	63	3	60
10	Aparecida/SP – Rio de Janeiro/RJ	247	18436	365	37	10	27
11	Rio de Janeiro/RJ - Laranjal/MG	252	2801	55	6	0	6
12	Laranjal/MG - Caratinga/MG	211	3265	65	6	0	6
13	Caratinga/MG - Teófilo Otoni/MG	254	3708	73	7	1	6
14	Teófilo Otoni/MG - Águas Altas/MG	246	3800	75	8	0	8
15	Águas Altas/MG - Poções/BA	211	5406	107	11	0	11
16	Poções/BA - Milagres/BA	213	13067	259	26	0	26
17	Milagres/BA - Araci/BA	229	14631	290	29	0	29
18	Araci/BA - Macururé/BA	259	2542	50	5	0	5
19	Macururé/BA - Barro/CE	256	3006	60	6	0	6
20	Barro/CE - Mundial/CE	250	980	19	2	1	1
21	Mundial/CE - Fortaleza/CE	220	8644	171	17	4	13
TOTAIS	BR-116 Completa	4542	-	-	437	59	378

Fonte: Autoria própria (2025)

7. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

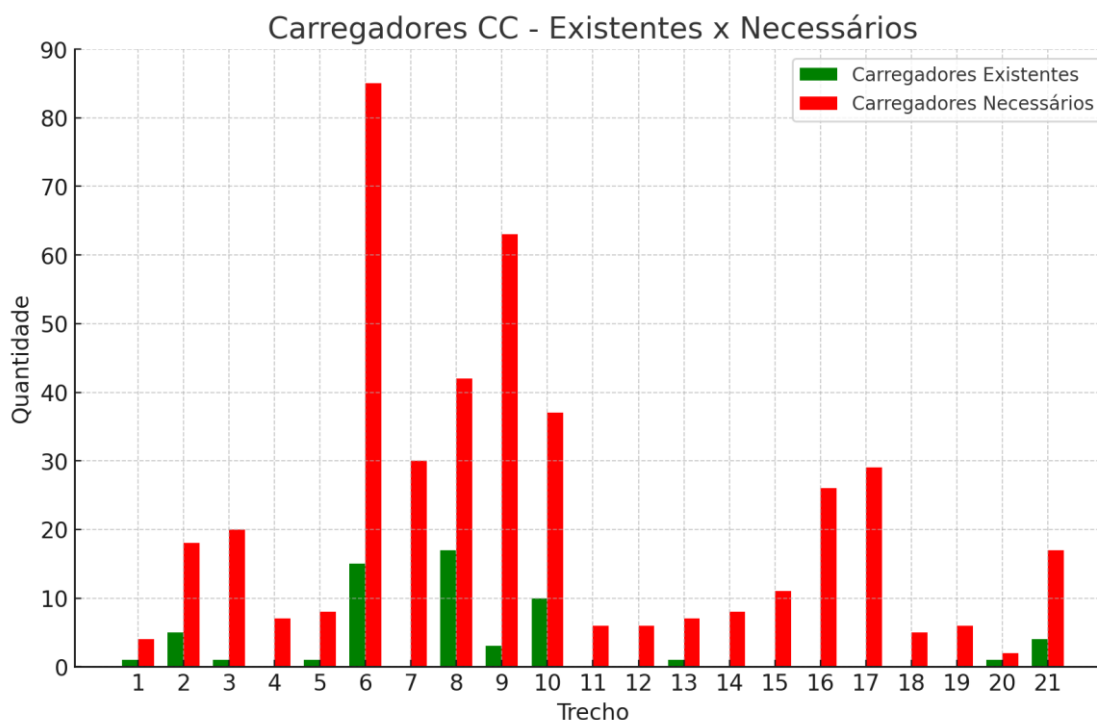
Este trabalho teve como propósito investigar o desafio de infraestrutura, causada pela acelerada expansão da frota de veículos elétricos no Brasil, que superou 500 mil unidades em agosto de 2025. O estudo analisa a distribuição de eletropostos ao longo dos 4.610 km da rodovia BR-116, um dos eixos rodoviários mais vitais do país. Atualmente, a escassez de carregadores em longas distâncias gera a chamada "ansiedade de autonomia", uma barreira significativa que confina uma tecnologia de ponta aos perímetros urbanos e impede sua efetiva integração em escala nacional.

Para um diagnóstico da situação, a rodovia foi segmentada em vinte e um trechos. A análise partiu de uma revisão da literatura para diferenciar as tecnologias de recarga CA e CC e para estabelecer uma autonomia média de 293 km para os veículos puramente elétricos (BEVs) de perfil rodoviário comercializados no Brasil. Esses parâmetros foram cruzados com dados de fluxo de veículos e com a malha de recarga rápida (CC) efetivamente instalada.

A revisão da literatura técnica permitiu estabelecer as premissas deste estudo. O estudo evidenciou a diferenciação essencial entre as tecnologias de recarga CA, adequadas para uso urbano e residencial, e CC, única tecnologia viável para o reabastecimento em rodovias pela sua alta potência. A análise dos padrões de conectores também foi conclusiva, identificando o padrão CCS2 (Tipo 2) como a solução técnica dominante e mais versátil para o mercado brasileiro, além da vantagem de estações que implementam duas saídas (ou conectores) por eletroposto, pois esta configuração otimiza o investimento e permite o balanceamento dinâmico de potência: o equipamento pode atender dois veículos simultaneamente com potência dividida ou direcionar a potência máxima a um único veículo, aumentando a eficiência operacional da estação.

Os resultados apontam para um déficit sistêmico de eletropostos ao longo de toda a rodovia conforme exposto na Figura 53.

Figura 53 - Comparativo de infraestrutura de recarga rápida por trecho



Fonte: Autoria própria (2025)

A disparidade pode ser observada em trechos de alto fluxo, como o que conecta Rio Negro/PR e Curitiba/PR (6° trecho), onde a demanda estimada é de 70 carregadores CC, mas a oferta se resume a 15 unidades na região de Curitiba. Em contrapartida, vastas extensões, como os trechos entre Caxias do Sul/RS e Lages/SC, ou no Nordeste, entre Teófilo Otoni/MG e Barro/CE (14° trecho ao 19°), caracterizam-se como "desertos de recarga", com ausência total de infraestrutura, o que torna o trânsito de BEVs inviável.

Conclui-se, portanto, que embora a implementação de uma rede de eletropostos na BR-116 seja tecnicamente viável, a infraestrutura atual ainda é insuficiente para atender não apenas à frota circulante, mas, sobretudo, às projeções de crescimento do setor. Essa acentuada defasagem entre a maturidade tecnológica dos veículos e a precariedade da infraestrutura de suporte representa o principal entrave para a utilização de veículos elétricos em viagens de longa distância, retardando os benefícios ambientais e econômicos dessa transição.

Diante do exposto, os resultados sugerem a urgência de investimentos estratégicos, coordenados entre o poder público e a iniciativa privada, para a criação de um corredor elétrico nacional, no qual a BR-116 pode atuar como eixo estruturante. Adicionalmente, a transição para um corredor elétrico na BR-116 transcende a simples instalação de eletropostos, impondo desafios significativos de engenharia e de mercado que necessitam de atenção. A demanda energética para suportar uma rede de recarga rápida, especialmente em trechos de alto fluxo, exigirá uma análise criteriosa do impacto na rede de distribuição elétrica local. Será fundamental avaliar a capacidade das subestações existentes e planejar investimentos em reforços na infraestrutura, considerando soluções como a integração com geração distribuída para mitigar picos de consumo e garantir a estabilidade do fornecimento.

Paralelamente à viabilidade, a sustentabilidade do projeto depende de um modelo de negócio economicamente viável e de um ambiente regulatório claro. É crucial aprofundar a análise dos custos de instalação e operação, além de explorar modelos de negócio que possam atrair o investimento privado, seja por parte de concessionárias de rodovias, empresas de energia ou montadoras. Nesse contexto, um marco regulatório bem definido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para a comercialização de energia para recarga é imperativo. Recomenda-se, ainda, a formulação de uma política nacional que incentive a instalação planejada de estações, consolidando o padrão de conector CCS2 para garantir a interoperabilidade e proteger os investimentos no setor.

Por fim, reconhecendo que o estudo deste trabalho se limitou à viabilidade, sugerem-se como desdobramentos futuros: aprofundar a análise de viabilidade econômica, detalhando custos, modelos de negócio e retorno sobre o investimento; avaliar o impacto da nova demanda na rede de distribuição elétrica local; e investigar a aplicação de eletropostos autônomos (*off-grid*) alimentados por fontes renováveis. A expansão desta metodologia para outras rodovias estratégicas, como a BR-101 e a BR-364, também se apresenta como um caminho relevante para o mapeamento completo da infraestrutura de eletrificação do transporte no Brasil.

REFERÊNCIAS

ABRASCE. **Como funciona o carregamento de carros elétricos?** Disponível em: <https://abrasce.com.br/espaco-do-associado/sustentabilidade/como-funciona-o-carregamento-de-carros-eletricos/>. Acesso em: 03 fev. 2025.

ABVE. **Frota de eletrificados no Brasil ultrapassa 500 mil unidades em agosto de 2025.** ABVE, 2025. Disponível em: <https://abve.org.br/eletrificados-atingem-94-de-participacao-em-agosto-e-devem-passar-de-200-mil-em-2025/>. Acesso em: 07 nov. 2025.

ABVE. **Infraestrutura de recarga acelera no país e apresenta crescimento de 179%.** Disponível em: <https://abve.org.br/infraestrutura-de-recarga-acelera-no-pais-e-apresenta-crescimento-de-179/>. Acesso em: 03 fev. 2025.

ABVE. **Marketshare Tecnologia – Janeiro de 2025.** Disponível em: <https://abve.org.br>. Acesso em: 13 fev. 2025.

ABVE. **Rede de recarga aumenta 50% em quatro meses.** Disponível em: <https://www.abve.org.br/eletropostos-no-brasil-crescem-50-em-quatro-meses/>. Acesso em: 18 de out. 2023

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Relatório de condições das rodovias federais.** Brasília. 2023. Disponível em: www.antt.gov.br. Acesso em: 2 fev. 2025.

ALMEIDA E MATOS. **O que são vias terrestre: uma análise completa sobre a infraestrutura e mobilidade.** Disponível em: <https://almeidaematos.com.br/o-que-sao-vias-terrestres-uma-analise-completa-sobre-infraestrutura-e-mobilidade> / Acesso em: 28 jun. 2024

AZTEC ENERGIA. **Wallbox Weg.** [S.d.]. Disponível em: <https://aztecenergia.com.br/portfolio/wallbox-weg/> Acesso em: 28 jun. 2024

BERCKMANS, G. **Cost projection of state of the art lithium-ion batteries for electric vehicles up to 2030.** *Energies*, v. 10, 09 2017.

BRADLEY, T. H.; FRANK, A. A. Design, demonstrations and sustainability impact assessments for plug-in hybrid electric vehicles. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 115-128, 2009.

CARRO ELÉTRICO. **Eletrovia Paranaense é a maior do Brasil com 730 Km de extensão.** Disponível em: <https://carroeletrico.com.br/blog/eletrovia-paranaense/> . Acesso em: 30 nov. 2023.

CELESC, 2022. **Celesc e Governo do Estado inauguram em SC um dos maiores corredores elétricos do país.** Disponível em <https://www.celesc.com.br/listagem-noticias/celesc-e-governo-do-estado-inauguram-em-sc-um-dos-maiores-corredores-eletricos-do-pais>. Acesso em: 29 nov. 2023

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2023 reforça a importância de maior investimento na malha rodoviária.** Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/pesquisa-cnt-de-rodovias-2023-refora-a-importancia-de-maior-investimento-na-malha-rodoviria/> / Acesso em: 28 jun. 2024

CNT. **Piora a qualidade das rodovias brasileiras.** Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/piora-a-qualidade-das-rodovias-brasileiras/> Acesso em: 28 jun. 2024

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa rodoviária 2022: condições das rodovias brasileiras.** 2022. Disponível em: www.cnt.org.br. Acesso em: 2 fev. 2025.

DELTA GLOBAL. **Pesquisa da CNT mostra que quase 70% das rodovias no Brasil não estão boas.** Disponível em: <https://blog.deltaglobal.com.br/26-edicao-pesquisa-cnt-rodovias-brasil/#:~:text=A%20pesquisa%20relevou%20um%20cenário,se%20comparar%20com%20outros%20países.> Acesso em: 28 jun. 2024

DHAMEJA, Sandeep; **ELECTRIC VEHICLES BATTERY SYSTEMS**; 1ª edição; Newnes; Woburn-MA, USA; 2001.

DNIT. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. Disponível em: <https://servicos.dnit.gov.br/vgeo/> . Acesso em: 28 nov. 2023

EDP Brasil. **Carregador de carros elétricos**. Disponível em: <https://solucoes.edp.com.br/blog/carregador-de-carros-eletricos/> . Acesso em: 05 jun. 2024.

ESTADÃO. **BR-116: De Norte a Sul, conheça a maior rodovia do Brasil**. Estadão Mobilidade, 29 nov. 2023. Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/mobilidade-para-que/dia-a-dia/br-116-maior-rodovia-do-pais/>. Acesso em: 26 fev. 2025.

Estadão - Jornal do Carro. **Impulsionada pela BYD, Abeifa registra crescimento de mais de 140% em 2024**. Disponível em: <https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/impulsionada-pela-byd-abeifa-registra-crescimento-de-mais-de-140-em-2024/>. Acesso em: 13 fev. 2025.

FIPE; VELOE; SENATRAN. **Monitor de Tráfego nas Rodovias: informe mensal – São Paulo – abril/2024**. São Paulo: FIPE, 2024. Disponível em: www.fipe.org.br. Acesso em: 2 fev. 2025.

GOVERNO FEDERAL. **Importante corredor logístico agrícola para o Centro-Oeste, BR-364/MT tem 113 quilômetros revitalizados**. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias/2023/10/importante-corredor-logistico-agricola-para-o-centro-oeste-br-364-mt-tem-113-quilometros-revitalizados/> / Acesso em: 30 jun. 2024

GOVERNO FEDERAL. **Censo 2022 indica que o Brasil totaliza 203 milhões de habitantes**. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2023/06/censo-2022-indica-que-o-brasil-totaliza-203-milhoes-de-habitantes> . Acesso em: 28 nov. 2023.

GREENDRIVE. **O conector NACS da Tesla ganha espaço**. Disponível em:

<https://www.greendrive-accessories.com/blog/pt/le-connecteur-nacs-de-tesla-gagne-du-terrain/>. Acesso em: 03 fev. 2025.

GREENYELLOW. **Como funcionam os carregadores rápidos para veículos elétricos**. Disponível em: <https://greenyellow.com.br>. Acesso em: 03 fev. 2025.

IBERDROLA, 2022. **Iberdrola e Porsche se unem para promover a recarga ultrarrápida de veículo elétrico na Espanha**. Disponível em

<https://www.iberdrola.com/sala-comunicacao/noticia/detalhe/iberdrola-porsche-unem-para-promover-recarga-ultrarrapida-veiculo-eletrico-espanha>. Acesso em: 28 nov. 2023

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 61851-1: Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements**. Geneva: IEC, 2017.

INSIDEEVS. **BYD domina 75% do mercado de elétricos puros (BEV) no Brasil em 2025; Dolphin Mini lidera. InsideEVs Brasil, 2025**. Disponível em: <https://insideevs.uol.com.br/byd/>. Acesso em: 07 nov. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global EV Outlook 2022 – Trends in charging infrastructure**. Paris: IEA, 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-charging-infrastructure>. Acesso em: 9 nov. 2025.

KARTADO. **BR 116: onde começa, termina, tamanho, mapa, cidades e história**. Disponível em: <https://kartado.com.br/br-116/> / Acesso em: 30 jun. 2024

KARTADO. **BR 230: onde começa, termina, tamanho, mapa, cidades e história**. Disponível em: <https://kartado.com.br/br-230/#:~:text=A%20BR-230%2C%20conhecida%20como%20Rodovia%20Transamazônica%2C%20é%20uma,norte%20e%20nordeste%20do%20país.> / Acesso em: 30 jun. 2024

KLEBNIKOV, S. **Tesla Is Now The World's Most Valuable Car Company With A \$208 Billion Valuation.** Disponível em

<https://www.forbes.com/sites/sergeiklebnikov/2020/07/01/tesla-is-now-the-worlds-most-valuable-car-company-with-a-valuation-of-208-billion/?sh=6f871b405334>.

Acesso em: 28 nov. 2023.

LUGENERGY. **Conectores Mennekes Tipo 2.** Disponível em:

<https://www.lugenergy.pt/conectores-mennekes-tipo-2/>. Acesso em: 03 fev. 2025.

LugEnergy. **Conector SAE J1772.** Disponível em: <https://www.lugenergy.com/sae-j1772/>. Acesso em: 03 fev. 2025.

LUKA ZORKO, 2022. **O que é a ansiedade da autonomia dos VE.** Disponível em:

<https://tridenstechnology.com/pt/o-que-e-a-ansiedade-de-gama-ev/> Acesso em: 28

nov. 2023

MASHADI, B.; CROLLA, David; **Vehicle Powertrain Systems**; 1ª edição; Wiley; Chichester, UK; 2011.

MIDAEVSE. **CCS Tipo 2 para estações de carregamento rápido.** Disponível em:

<https://www.midaevse.com/pt/project/ccs-type-2-connector-for-dc-fast-electric-car-charging-station/>. Acesso em: 03 fev. 2025.

MIDAPOWERR. **CHAdemo Charger: Japan Standard Plug.** Disponível em:

<https://www.midapower.com/pt/chademo-charger-japan-standard-plug-200a-dc-fast-charging-product/>. Acesso em: 03 fev. 2025.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2019. **Rodovias Federais.** Disponível em:

<http://antigo.infraestrutura.gov.br/rodovias-brasileiras.html>. Acesso em: 28 nov. 2023

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Plano Nacional de Logística e Mobilidade.**

2023. Disponível em: www.infraestrutura.gov.br. Acesso em: 2 fev. 2025.

MOTOR1. **BYD tem 48,5% do mercado de eletrificados em agosto; vendas do ano chegam a 168.798.** Motor1.com, 2025. Disponível em:

<https://motor1.uol.com.br/news/778055/vendas-carros-outubro-toyota-despenca/>.

Acesso em: 07 nov. 2025.

NEOCHARGE. **Carregador de carro elétrico: CA x CC.** Disponível em:

<https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/carregador-carro-eletrico-cc-ca> / Acesso em: 06 jun. 2024

NEOCHARGE. **Tudo sobre carregador de carro elétrico.** Disponível em:

<https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/tipo-carregador-ve>. Acesso em: 03 fev. 2025.

PORTAL SOLAR. **Carregadores de carros elétricos.** Disponível em:

<https://www.portalsolar.com.br/noticias/tecnologia/mobilidade-eletrica/conheca-os-carregadores-de-carro-eletrico-disponiveis-no-mercado-brasileiro> / Acesso em: 06 jun. 2024

PROPMARK. **Como a Volvo quer ter 100% da frota elétrica daqui a oito anos.**

Disponível em <https://propmark.com.br/como-a-volvo-quer-ter-100-da-frota-eletrica-daqui-a-oito-anos/>. Acesso em: 28 nov. 2023

PWC STRATEGY& DO BRASIL CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA. **Transição energética no Brasil.** Rio de Janeiro, 2023. 36 p.

REVISTA CARRO. **Carregador de carro elétrico: conheça os tipos e conectores.**

Disponível em: <https://revistacarro.com.br/carregador-de-carro-eletrico-conheca-os-tipos-e-conectores/>. Acesso em: 03 fev. 2025.

AE INTERNATIONAL. **J1772:** SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler. **Warrendale, PA:** SAE International, 2010.

SBT News. Carros elétricos já representam 7 % da frota no Brasil e batem recorde de vendas. São Paulo: SBT News, 12 jan. 2025. Disponível em:

<https://sbtnews.sbt.com.br/noticia/economia/carros-eletricos-ja-representam-7-da-frota-no-brasil-e-batem-recorde-de-vendas>. Acesso em: 10 nov. 2025.

SOUZA, Daiane. **As 14 maiores rodovias do Brasil e tamanhos em 2024.**

Kartado, 2024. Disponível em: <https://kartado.com.br/maior-rodovia-brasil/>. Acesso em: 26 fev. 2025.

TENDA DO UMBU. **BR 116: Muito mais que a MAIOR rodovia do Brasil.**

Disponível em: <https://tendadoumbu.com.br/blog/br-116-muito-mais-que-a-maior-rodovia-do-brasil> / Acesso em: 06 jul. 2024

TUPINAMBÁ ENERGIA. **Quais são os tipos de carregamento de um veículo**

elétrico? Disponível em: <https://suporte.tupinambaenergia.com.br/hc/pt-br/articles/17536437975315-Quais-são-os-tipos-de-carregamento-de-um-veículo-elétrico>. Acesso em: 03 fev. 2025.

UOL. **Onde nasce a BR-101: conheça o marco zero da estrada mais famosa do Brasil.** Disponível em:

<https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2024/04/18/onde-nasce-a-br-101-conheca-o-marco-zero-da-estrada-mais-famosa-do-brasil.htm> / Acesso em: 30 jun. 2024

VICENTE, M. X. **Audi lança em Curitiba 1ª estação com carregador rápido de carros elétricos.** Gazeta do Povo. Disponível em:

<https://www.gazetadopovo.com.br/vozes/parana-sa/audi-lanca-em-curitiba-1a-estacao-com-carregador-ultrarrapido-de-carros-eletricos/>. Acesso em: 13 fev. 2025.