

NOVO MÉTODO DE SUPRIMENTO DE ELETROPOSTOS A PARTIR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Fernando Luciano de Almeida¹

Julio Cesar Galves Gomes Mangini Mosqueiro Junior¹

Annete Silva Faesarella²

fernando.luciano@mail.usf.edu.br

julio.junior@mail.usf.edu.br

¹ Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba.

² Professora Orientadora, Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba.

Resumo. O presente trabalho traz uma nova metodologia para a melhor distribuição de EVCS (EVCS - *Electric Vehicle Charging Station* - Estação de Recarga de Veículo Elétrico) em rodovias, primando por fontes renováveis de energia para o suprimento delas. A geração de energia escolhida foi a fotovoltaica dada a disponibilidade de irradiação solar no Brasil. Todo o método foi elaborado com fundamentação em dados fornecidos pela concessionária da rodovia Fernão Dias (Arteris), que liga Guarulhos SP à Contagem MG, rodovia tal que foi tomada como exemplo para os cálculos necessários ao desenvolvimento do método, podendo ser aplicado em qualquer outra rodovia. Ressalta-se que o método de distribuição das EVCS aqui apresentado, trata-se de algo inovador e vantajoso, uma vez que utiliza as estruturas já existentes dos postos de gasolina, tanto para o suprimento de energia das estações como para sua instalação. Apresenta-se também o rendimento de cada uma destas estações de recarga.

Palavras-chave: Veículos elétricos. Infraestrutura. Estação de recarga. Novo método. Sistema fotovoltaico. Rodovia.

1. Introdução

O setor de transporte é considerado um dos mais importantes para a economia do país, o que o torna um dos setores que mais impactam na criação e desenvolvimento de novas tecnologias. Esse setor também é um dos principais responsáveis pela emissão de poluentes atmosféricos, sendo responsável por cerca de 14% da emissão anual de gases de efeito estufa (GEE) e por cerca de 25% da emissão de gás carbônico (CO₂) proveniente da queima de combustível fóssil, sendo que destes, os veículos rodoviários são responsáveis por cerca de 72% das emissões globais (WANG & GE, 2019).

Tendo em vista esse contexto, se faz necessário buscar medidas para conservar recursos naturais e diminuir a poluição atmosférica. Uma tecnologia que vem se popularizando cada vez mais são os veículos elétricos (EV - *Electric Vehicles*) e veículos híbridos (HEV - *Hybrid Electric Vehicle*). Os EVs reduzem as emissões de GEE em 80% e os HEV puros em 55% (VONBUN, 2015).

No exterior os EVs estão cada vez mais comuns, principalmente nos Estados Unidos e na Europa, onde essa tecnologia está caminhando para se tornar cada vez mais predominante. Na Europa, com o objetivo de restringir as emissões de CO₂ um novo regulamento proposto pela Assessoria Sobre Normas de Emissões de Veículos (AGVES - *Advisory Group on Vehicle Emission Standards*) prevê um limite de emissões bem mais rigoroso para o EURO-7,

norma que regula as emissões nocivas dos transportes rodoviários, que entra em vigor em 2025. Se esse regulamento for empregado poderá levar ao banimento dos carros a combustão a partir de 2025 na região (CESAR, 2020).

No Brasil o cenário é diferente, a tecnologia ainda está em sua fase inicial e com muitas dificuldades para se estabelecer no país. A falta de locais de recarga pública para EVs é um dos problemas para a popularização dessa tecnologia em território nacional, pois com a falta de infraestrutura os consumidores se sentem inseguros quanto a autonomia dos EVs e optam pelos veículos à combustão interna (ICV - *Internal Combustion Vehicle*), desestimulando as empresas a investir em EVs. De acordo com o estudo Cidades Inteligentes de 2019, feito pela agência de pesquisa de mercado *Hello Research* com o apoio da Prefeitura de São Paulo e da *General Motors*, 82% da população declara que compraria um EV caso sua cidade oferecesse pontos de recarga suficiente (SARAGIOTTO, 2020).

A integração dessa infraestrutura com fontes de geração limpa faz parte do plano mínimo de desenvolvimento da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) (ABVE, 2020). Nesse sentido, a geração fotovoltaica é a mais prática para ser implementada dada sua eficiência e compactação.

Tendo em vista esse cenário, o presente trabalho tem por objetivo realizar um estudo da implementação de EVCS alimentados por energia fotovoltaica ao longo da rodovia Fernão Dias, que interliga Guarulhos, São Paulo, com Contagem, Minas Gerais.

Será realizado uma projeção dos EVCSs calculando a relação de área de painéis solares por EV a ser carregado diariamente, fazendo com que seja um projeto adequado ao local de instalação. Com o eletroposto dimensionado e projetado, parte-se para o estudo dos locais na rodovia Fernão Dias com bons pontos para a instalação desses EVCSs, levando em consideração a incidência solar e a distância entre os postos. Será também considerado as estruturas pré existentes para abastecimento de ICV que podem ser adaptadas para a recarga de EVs.

O trabalho é composto por: referencial teórico, onde é apresentado os diferentes tipos de veículos elétricos, os diferentes padrões de conectores e a estrutura do sistema fotovoltaico; metodologia, onde é apresentado o projeto e como foram obtidos os resultados; resultados esperados; apresentação dos resultados; conclusão.

2. Referencial Teórico

2.1. Veículos elétricos

A importância da existência de eletropostos numa via vem da necessidade de recarga dos EVs, dessa maneira, antes de se definir a estrutura de um eletroposto, se faz necessária a apresentação dos diferentes tipos de EVs e suas características.

“Veículos elétricos (VEs ou EVs, da sigla em inglês *Electric Vehicles*) são aqueles que utilizam um ou mais motores elétricos, em parte ou completamente, para propulsão.” (DELGADO et al, 2017, p. 15).

De maneira abrangente, os EVs podem ser divididos principalmente em três categorias: EV Puro ou BEV (*Battery Electric Vehicle* - Veículo Elétrico a Bateria); EV Híbrido Puro ou HEV (*Hybrid Electric Vehicle* - Veículo Elétrico Híbrido); PHEV (*Plug-In Hybrid Electric Vehicle* - Veículo Elétrico Híbrido com Conector, em tradução livre).

O foco principal do trabalho será nos BEVs, já que é o modelo que mais sofre com a falta de infraestrutura devido ao uso exclusivo de energia elétrica proveniente de uma bateria

interna para a propulsão. Todos os BEVs são considerados como PEVs (*Plug-in Electric Vehicles* - Veículos Elétricos com Conector, em tradução livre) pois possuem um conector utilizado para alimentar a bateria com o uso de uma fonte externa. Esses veículos também são conhecidos como BOEV (Battery Only Electric Vehicle - Veículo Elétrico Somente com Bateria) ou AEV (All Electric Vehicle - Veículo Totalmente Elétrico). (DELGADO et al, 2017).

São exemplos de BEVs: Ford MUSTANG MACH-E; Renault ZOE E-TECH; Tesla MODEL X.

2.2. Recarga de Veículos Elétricos

De forma geral os PEVs podem ser recarregados de duas maneiras: condutiva ou indutiva. Na carga indutiva é necessário uma estação de recarga que através de indução eletromagnética realiza a recarga da bateria. (VALLE, 2015). O modelo de recarga por indução é visto mais como uma alternativa pro futuro dos EVs, atualmente ainda não é um modelo comercialmente abrangente. Porém, para acelerar a padronização desse modelo a SAE *International* (*Society of Automotive Engineers International* - Sociedade de Engenheiros da Mobilidade Internacional) emitiu os padrões SAE J2954 e SAE J2846/7, referentes à transferência de energia entre a placa de carregamento e a bateria do carro e aos protocolos de comunicação para o carregamento sem fio (BARONTINI, 2020).

O modelo de carga por condução é o mais amplamente utilizado devido a sua praticidade, nele é utilizado o contato físico para realizar a transferência de energia, podendo ser realizado em tomadas convencionais ou estações de recarga (VALLE, 2015).

2.2.1. Padrões de conectores para a recarga de Veículos Elétricos

Atualmente são cinco os principais padrões de conectores que vêm sendo utilizados internacionalmente: Tipo 1, Tipo 2, CHAdeMO, CCS e GB/T.

Nos Estados Unidos da América (EUA) o padrão utilizado é o J1772, como definido pelo SAE (RODRIGUES et al, 2014, p. 198, apud SAE, 2012). Esse modelo também é conhecido como conector Tipo 1 e pode gerar de 3 a 7,4 kW, suporta somente uma fase e possui uma corrente máxima de 32 A (SCHNEIDER ELECTRIC, 2021).

Rodrigues (et al, 2014, p. 198) cita que na Europa há os padrões 61851 (apud IEC, 2010) e 62196 (apud IEC, 2011), da IEC (*International Electrotechnical Commission* - Comissão Eletrotécnica Internacional, em tradução livre). Esses foram os padrões adotados no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (apud ABNT, 2013). Atualmente o modelo IEC 62196-2 é o mais utilizado, esse modelo também recebe o nome de conector Tipo 2. Ele permite uma recarga entre 3 e 43 kW e tem suporte monofásico até 16 A e trifásico até 63 A (SCHNEIDER ELECTRIC, 2021).

No Japão o padrão utilizado é o conhecido como CHAdeMO (contração do francês “*Charge de Move*”, “Carregue e Siga”, em tradução livre) (RODRIGUES et al, 2014, p. 198, apud CHAdeMO, 2012). Fornece até 62,5 kW podendo chegar a até 125 A. Porém a

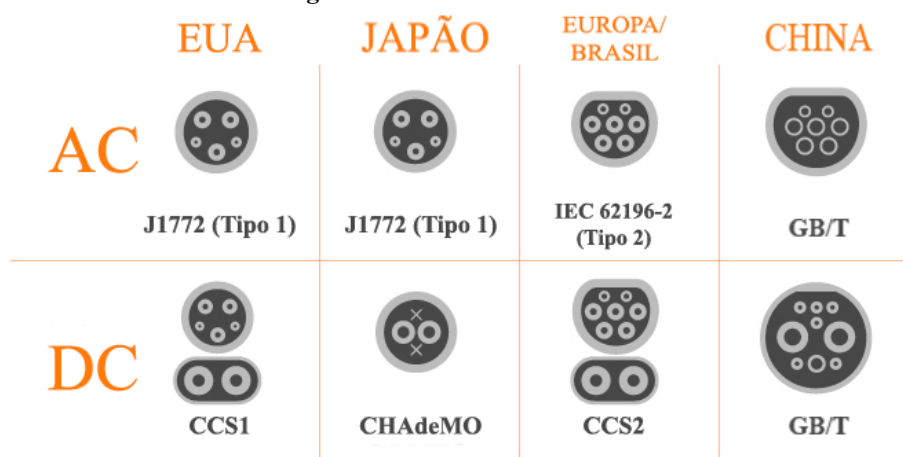
especificação CHAdeMo 2.0 cita que pode suportar até 400 kW (SCHNEIDER ELECTRIC, 2021).

A Enel X(2019) cita também os conectores CCS (*Combined Charging System* - Sistema de Carregamento Combinado, em tradução livre) que combinam o conector padrão a outros dois pinos de carregamento rápido DC (*Direct Current* - Corrente Contínua). Nos EUA há o conector CCS1 que é fundamentado no conector Tipo 1. Na Europa há o conector CCS2 que é fundamentado no conector Tipo 2 ou *Mennekes*, em referência a empresa que começou com a comercialização do modelo (CIRCUTOR, 2018). O conector CCS2 também é conhecido como IEC 62196-3. Ambos conectores CCS suportam DC e AC (*Alternating Current* - Corrente Alternada) e podem chegar a até 350 kW (SCHNEIDER ELECTRIC, 2021).

Há também o padrão chinês que segue as normas do *Guobiao Standards*, que é administrado pelo AQSIQ (*General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine* - Administração Geral de Qualidade de Supervisão, Inspeção e Quarentena, em tradução livre) e regulado pelo SAC (*Standardization Administration of the People's Republic of China* - Administração de Padronização da República Popular da China, em tradução livre) (GB STANDARDS, 2021). Esse padrão é conhecido como GB/T e possui duas versões: AC e DC. A versão AC suporta uma corrente de 32 A, fornecendo uma potência de 14 kW. Já na versão DC é suportado até 250 A e fornece até 187,5 kW. Fisicamente esse padrão aparenta ser semelhante ao Tipo 2, porém no conector Tipo 2 são utilizados contatos fêmeas no conector e contatos machos no veículo, no padrão GB/T é ao contrário (TAVARES, 2019).

A Figura 1 apresenta a diferença física entre os conectores citados e a Tabela 1 apresenta uma comparação entre os valores suportados pelos conectores.

Figura 1– Padrões de conectores.



(Fonte: Adaptada de ENEL X, 2019)

Tabela 1 – Comparação entre os conectores.

CONECTOR	J1772 (Tipo 1)	IEC 62196-2 (Tipo 2)		CHAdMO	CCS		GB/T	
ALIMENTAÇÃO	Monofásico	Monofásico	Trifásico	DC	AC	DC	AC	DC
POTÊNCIA	3 kW - 7,4 kW	3 kW - 43 kW		Até 62,5 kW (Com suporte a até 400 kW)	Até 350 kW		3,5 kW - 14 kW	50 kW - 187,5 kW
CORRENTE MÁXIMA	32 A	16 A	63 A	125 A	-	-	32 A	250 A

Fonte: Próprio autor.

2.2.2. Tipos de carregamento

Os pontos de recargas de EVs são divididos atualmente em quatro modos diferentes referentes a sua potência e utilização. São eles:

1. Modo 1 - Carregamento lento: utiliza a tomada doméstica comum com corrente AC e com o conector padrão brasileiro. É utilizado para veículos de menor potência como bicicletas e *hoverboards*. Não é recomendado para recarga de EVs por não possuir sistema de proteção adequado. Possui um tempo de recarga de 6 a 8 horas (SIQUEIRA, 2020).
2. Modo 2 - Carregamento lento: utiliza um sistema elétrico monofásico com potência até 3,7 kW. O veículo é conectado em uma caixa com um modelo de tomada específico. Se diferencia do modo 1 por possuir um sistema de proteção, o que permite o carregamento de EVs, porém só é recomendado para carros de porte pequeno. Possui um tempo de recarga de 6 a 8 horas (SIQUEIRA, 2020).
3. Modo 3 - Carregamento semirrápido: é utilizado pelas estações de recarga, em que se conecta o veículo a uma caixa chamada *wallbox* que contém o sistema de alimentação, com proteção para o veículo e para a rede, é utilizado a corrente AC. Possui um tempo de recarga de 3 a 4 horas (SIQUEIRA, 2020).
4. Modo 4 - Carregamento rápido: utilizado por estações de recarga em média tensão com corrente DC. Considerado de alta potência, fornece ao veículo uma média de 50 kW de potência, podendo realizar uma carga de 80% da bateria em meia hora. São instaladas em dois padrões: CHAdMO e CCS (SIQUEIRA, 2020).

2.3. Sistema Fotovoltaico

2.3.1. Componentes do sistema

A produção da Energia Fotovoltaica é fundamentada na transformação de irradiação solar em energia elétrica, para isso usam-se células fotovoltaicas que se beneficiam do efeito fotovoltaico, descoberto em 1839 por Edmund Becquerel que em um experimento gerou corrente ao expor à luz dois eléctrodos de prata em um eletrólito. Décadas depois, em 1877, W.G. Adams e R.E. Day fizeram a primeira célula solar construída com dois eletrodos de

selênio, porém não eram eficientes. Quase um século depois, em 1954, D.M. Chapin e outros funcionários da *Bell Laboratory*, empresa norte-americana, publicaram e registraram uma patente sobre células solares em silício (BRITO e SILVA, 2006), material usado até hoje.

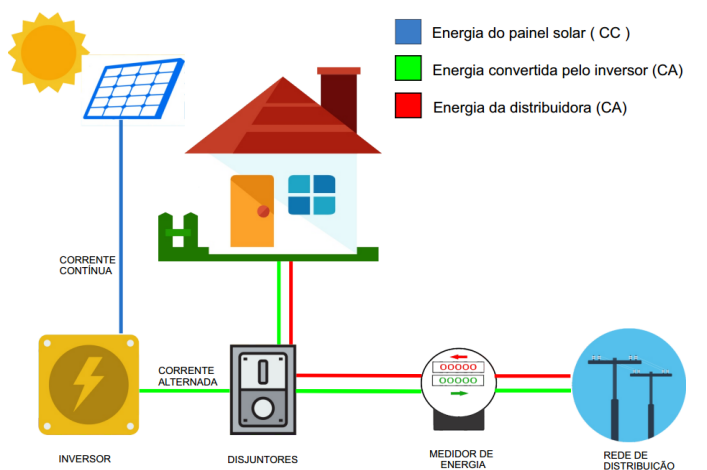
As células fotovoltaicas são organizadas em série em um painel com uma média de 28 a 36 células, cada célula gera nos terminais em condições de iluminação normal, tensões entre 0.5 e 1 V e corrente de dezenas de miliamperes, com o painel gerando tensão DC na ordem dos 12 V. Um sistema de painéis pode ser montado em série ou paralelo dependendo se a aplicação necessita de corrente ou tensão mais elevada (BRITO e SILVA, 2006). Como a energia gerada pelos painéis é em formato DC, surge a necessidade de transformá-la em AC em diversos casos, para isso são utilizados inversores de frequência para realizar essa transformação.

2.3.2. Modelos de instalação dos sistemas fotovoltaicos

Existem duas formas de se usar o sistema fotovoltaico em relação à rede externa de distribuição: *On-Grid* e *Off-Grid*.

No modo *On-Grid* (Figura 2), o sistema é conectado na rede externa de energia. A energia gerada pelos painéis passa por um inversor DC/AC para ficar similar a energia da rede, alimentando diretamente as cargas e toda geração excedente é injetada na rede, assim sendo, quando a geração é menor que o consumo, a energia da rede supre a necessidade energética e quando a geração é maior que o consumo, a energia excedente vai para a rede gerando créditos ao dono do sistema, de acordo com a resolução normativa ANEEL (482/2012). Com isso, esse tipo de modelo é dispensado a utilização de bateria (BORTOLOTO et al, 2017).

Figura 2 – Sistema Fotovoltaico *On-Grid*.

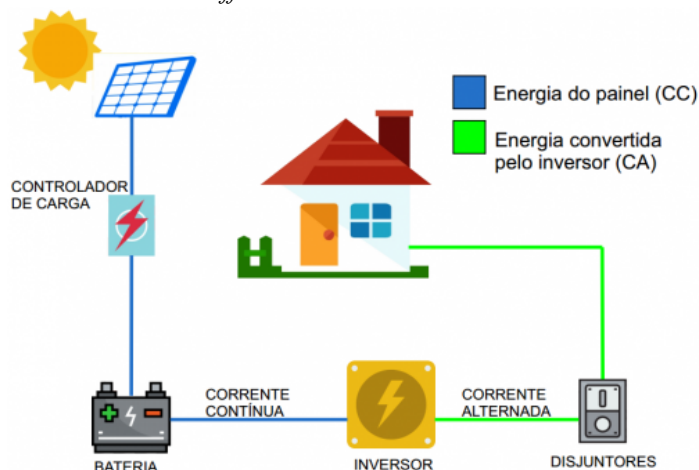


(Fonte: EnergyTec Energia Solar, 2016)

No modo *Off-Grid* (Figura 3), o sistema é totalmente desconectado da rede, sendo alimentado apenas pela energia fotovoltaica, fazendo-se necessário o uso de baterias para armazenar a energia em momentos em que o consumo é menor que a produção energética,

assim conseguindo aproveitar essa energia em momentos em que a geração seja menor que o consumo (BORTOLOTO et al, 2017).

Figura 3 – Sistema Fotovoltaico *Off-Grid*.

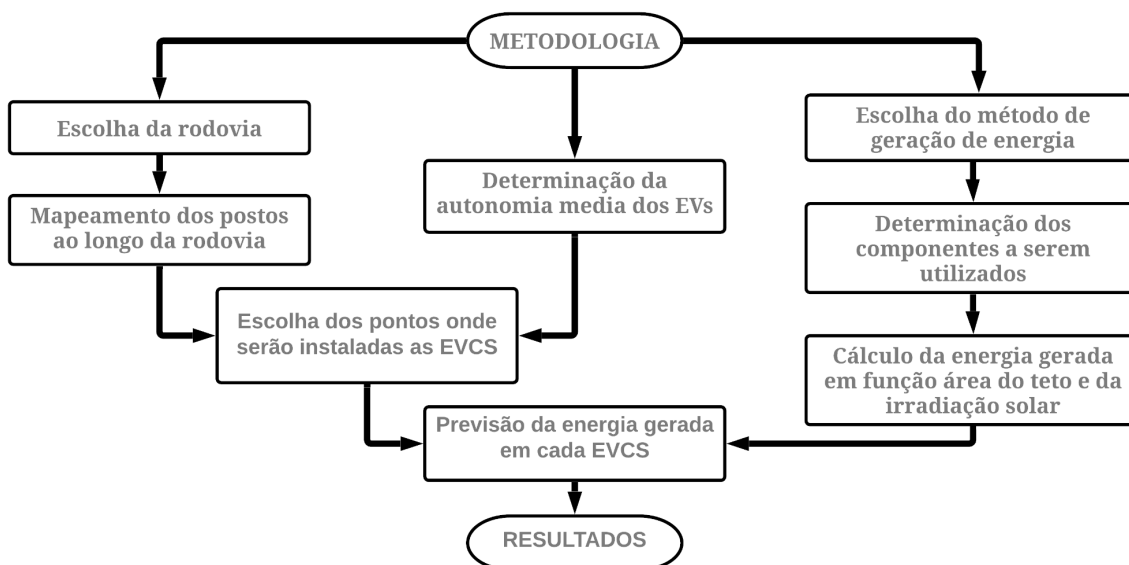


(Fonte: EnergyTec Energia Solar, 2016)

3. Metodologia

Com a popularização dos EVs no exterior vira questão de tempo para que a tecnologia também se popularize em território nacional, porém aliada com o alto preço da tecnologia uma grande dificuldade para quem se interessa por esses veículos é a falta de infraestrutura no país. Este projeto tem como objetivo realizar um estudo sobre a implantação de eletropostos alimentados por energia fotovoltaica em uma das principais rodovias do país para atender uma grande demanda de veículos elétricos, considerando um grande aumento de unidades nos próximos anos. O modelo escolhido para o projeto está representado de maneira simplificada na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma detalhando o modelo utilizado para a elaboração da metodologia.



(Fonte: Elaborada pelo próprio autor.)

Inicialmente foi feita a escolha da rodovia ao qual o método será aplicado, assim como a escolha da fonte de geração de energia que será responsável por alimentar as EVCS.

Após isso é feito o mapeamento de todos os postos ao longo da rodovia que podem ser utilizados para a instalação das EVCS, sendo registrado as suas localizações e a área do teto de cada posto.

Para determinar os melhores pontos para a instalação das EVCS é necessário determinar um valor médio de autonomia para os EVs.

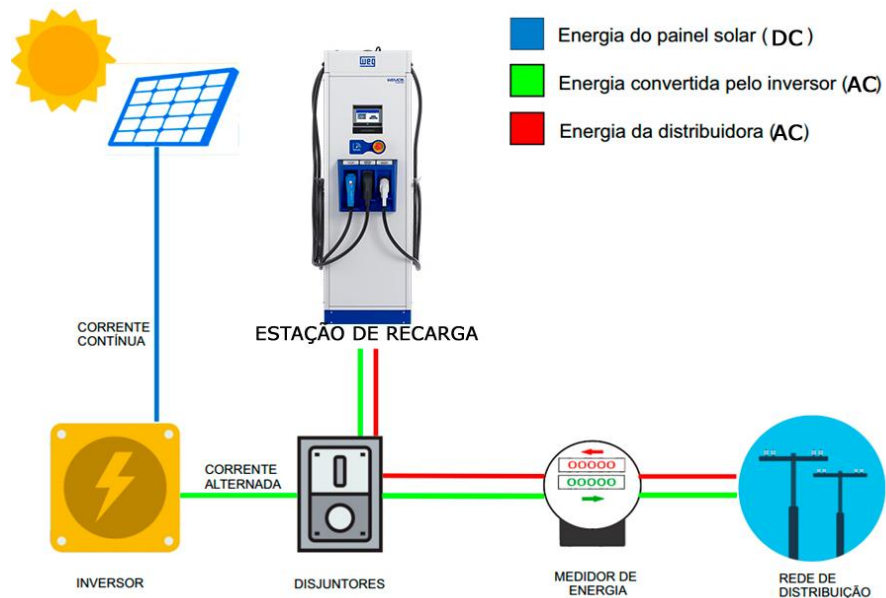
Assim que forem determinados os modelos dos componentes que serão utilizados na instalação das EVCS é possível determinar o rendimento esperado do sistema fotovoltaico, tendo em mente as perdas de energia do sistema.

Tendo o cálculo de geração de energia e os dados dos postos é possível então determinar a energia total gerada em cada posto e esse valor pode ser comparado com o fluxo de veículos no local.

3.1. Considerações iniciais

As EVCS serão *on-grid*, diretamente ligados a rede de distribuição. Na Figura 5 pode ser observado o esquema de instalação dessas estações.

Figura 5 – Esquema simplificado de instalação das EVCS alimentadas por energia fotovoltaica



(Fonte: Compilação realizada a partir de imagens de EnergyTec Energia Solar, 2016 e de WEG, 2020)

A Rodovia escolhida para a elaboração do projeto foi a Fernão Dias, nome que se dá ao trecho da BR-381 com 562 km de extensão que liga Contagem-MG à Guarulhos-SP, sob a concessão da Arteris, sendo a principal conexão entre duas das maiores metrópoles do País, São Paulo e Belo Horizonte (Arteris, 2021).

O foco principal do trabalho será nos veículos leves puramente elétricos (BEVs), pois eles são os mais impactados pela falta de infraestrutura.

3.2. Mapeamento dos postos de abastecimento

Para a implantação dos eletropostos será aproveitada a base estrutural já existente na rodovia, foram escolhidos pontos com postos de abastecimento de combustíveis fósseis já existentes. Foi feito um mapeamento dos postos da rodovia Fernão Dias utilizando ferramentas do Google Maps de satélite e visão da rua para localização dos postos, o sentido da rodovia em que se encontram e medir a área aproximada de seus telhados, usando outra ferramenta da plataforma, uma régua que mede distâncias e áreas em locais selecionados, informação importante na escolha dos postos para a implantação dos painéis solares. Foram identificados 78 postos de abastecimento de combustíveis fósseis pelo percurso da Fernão Dias, desconsiderando postos dentro das regiões metropolitanas de Belo Horizonte e São Paulo, destes 78 postos, 43 estão no sentido de Belo Horizonte, também chamado de sentido Norte, enquanto 36 estão no sentido de São Paulo, também chamado de sentido Sul.

3.3. Autonomia média dos EVs

Para determinar os valores de autonomia dos veículos se faz necessário que eles sejam submetidos a um ciclo de testes padronizados, conhecido como WLTP (*Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure* - Procedimento de Teste Harmonizado Mundial de Veículo Leve, em tradução livre), que é o modelo sucessor do NEDC (*New European Driving Cycle* - Novo Ciclo Europeu de Direção, em tradução livre) (RUS, 2018). O WLTP entrou em vigor em setembro de 2017 e conta com testes mais rigorosos que o NEDC, a fim de proporcionar resultados mais precisos (RUS, 2018). Devido ao rigor do ciclo WLTP a autonomia prevista dos veículos que foram submetidos a esse modelo de teste tende a ser menor do que a autonomia prevista utilizando o NEDC. A segunda geração do Nissan Leaf, por exemplo, apresenta uma autonomia de 378 km pelo ciclo NEDC, porém a autonomia anunciada no ciclo WLTP cai para 270 km (GOMES, 2018).

Enquanto os modelos de ciclos citados são de origem europeia há também o modelo de testes utilizado somente nos EUA que é conhecido como EPA (*Environmental Protection Agency* - Agência de proteção ao Meio Ambiente) devido ao nome da agência responsável por realizar o ciclo de testes. Esse modelo de testes tende a ser ainda mais rigoroso que o WLTP e leva em consideração hábitos de direção dos estadunidenses (VILLAÇA, 2021).

Para o cálculo da autonomia média a ser utilizada para o dimensionamento dos eletropostos foi levado em consideração a lista com os BEVs mais baratos disponíveis atualmente no Brasil, elaborada por Camila Torres (2021) e publicada no site Mobiauto. Os veículos utilizados para determinar a autonomia média foram os de menor preço da lista. Foi levado em consideração também a disponibilidade das informações técnicas do veículo. A Tabela 2 detalha o padrão do conector, a capacidade da bateria e a autonomia e padrão do ciclo de testes de cada veículo. As informações de cada veículo foram retiradas dos sites de seus respectivos fabricantes.

Tabela 2 – Comparação entre os modelos de BEVs mais econômicos disponíveis no mercado brasileiro.

Modelo	JAC iEV20	Novo Renault Zoe E-Tech Zen	JAC iEV40	Nissan Leaf	Chevrolet Bolt Premier
Preço ¹	R\$ 159.900,00	R\$ 204.990,00	R\$ 189.900,00	R\$ 277.990,00	R\$ 274.000,00
Conector	GB/T	CCS 2	Tipo 2	Tipo 1 e Tipo 2	CCS 2
Bateria	41 kWh	52 kWh	40 kWh	40 kWh	66 kWh
Autonomia	300 km (NEDC)	385 km (WLTP)	300 km (NEDC)	270 km (WLTP)	416 km (EPA)

¹ Cotação do dólar na data em que a matéria citada foi publicada no site Mobiauto(23/04/2021): R\$5,4967.

Fontes: JAC MOTORS, 2019; RENAULT, 2021; NISSAN, 2021; CHEVROLET; MOBIAUTO, 2021.

O veículo com a maior autonomia é o Chevrolet Bolt Premier com 416 km pelo padrão EPA. O Nissan Leaf e os veículos da JAC foram os que apresentaram menor autonomia. Para o dimensionamento do projeto iremos utilizar o valor de autonomia do Nissan Leaf, pois o sistema WLTP gera um resultado mais preciso e confiável do que o NEDC. Para simplificar os cálculos aproxima-se para 250 km, aproximadamente 6,25 km/kWh.

3.4. Estação de recarga

Para dimensionar o projeto em questão utiliza-se a estação de recarga *WEMOB Station* da WEG, que foi desenvolvida principalmente para uso em rodovias. Escolhe-se o modelo WEMOB-S-060-E-H-1T2-1CS-1CH (representado na Figura 5), sendo que suas informações técnicas podem ser observadas na Tabela 3, os dados foram retirados do manual do fabricante.

Tabela 3 – Especificações técnicas da EVCS *WEMOB Station*

GERAL	Modelo	WEMOB-S-060-E-H-1T2-1CS-1CH
	Conectores	CHAdEMO, CCS2 e Tipo 2
ENTRADA	Tensão de alimentação	380 V AC $\pm 10\%$ (3F+N+PE)
	Frequência	60 Hz $\pm 5\%$
	Corrente máxima de entrada	181 A
	Potência máxima consumida	118 kW
	Tipo de ligação de entrada	0,98 de 50 a 100% de carga
	Eficiência	95%
SAÍDA	Potência máxima de saída	43 kW AC 60 kW DC
	Tensão de saída AC	Conforme variação admissível para a rede de alimentação (-15% e +10%)
	Tensão de saída DC	De 150 V até 1.000 V DC (CCS-2) De 150 V até 500 V DC (CHAdEMO)

3.5. Dimensionamento do sistema fotovoltaico

3.5.1. Painel fotovoltaico

Devido ao alto consumo da EVCS opta-se por um sistema fotovoltaico com uma alta potência por área ocupada, devido a isso, escolhe-se o painel ODA450-36-M da marca OSDA, que tem eficiência de 20,75% e gera 450 W. Na Tabela 4 estão as informações técnicas do painel.

Tabela 4 – Especificações técnicas do painel fotovoltaico da marca OSDA.

Modelo	ODA450-36-M
Potência	450 Wp $\pm$ 3 W
Eficiência do módulo	20,75 %
Coefficiente de temperatura da potência	-0,37 %/°C
Dimensão do painel	2150 x 1050 x 60 mm

Fonte: ENF Solar, 2021.

3.5.2. Perdas do sistema fotovoltaico

Na hora de instalar um sistema fotovoltaico deve-se considerar as perdas que ocorrem no local de instalação dos painéis. No projeto não se pode fazer um estudo detalhado de cada local. Dessa forma, o cálculo é generalizado e para isso são utilizados fatores genéricos atribuídos à cada perda. Existem cinco tipos de perdas, sendo elas:

1. Sombreamento e Poeira: é a perda referente a obstrução da luz do sol sofrida pelo sistema, sendo ela ocasionada pela sombra de um corpo, por exemplo uma árvore, ou por poeira excessiva. Sombras de nuvens não são consideradas nessa perda. Varia de 1% a 5% (Academia do Sol, 2021).
2. *Mismatch* (incompatibilidade): é a perda referente a diferença de produção de dois módulos fotovoltaicos ligados em série, pode ocorrer ao usar modelos diferentes, ângulos diferentes ou sombras parciais. Varia de 1% a 5% (Academia do Sol, 2021).
3. Cabeamento DC: é a perda que ocorre durante a condução da energia em corrente contínua, pois quanto maior a distância maior a perda. Varia de 1% a 7% (Academia do Sol, 2021).
4. Cabeamento AC: possui o mesmo princípio da perda anterior porém para energia em corrente alternada. Varia de 1% a 7% (Academia do Sol, 2021).
5. Temperatura: altas temperaturas podem ser prejudiciais ao sistema fotovoltaico, ocasionando perdas no sistema. Para o cálculo da perda é utilizado a equação:

$$C_{temp} = C_{mod} \times (2T_{amb} - T_{ref}) \quad (1)$$

Onde C_{temp} é a perda por temperatura do sistema, C_{mod} é o coeficiente de temperatura da potência da placa, dado em porcentagem de perda por graus Celsius, e T_{amb} e T_{ref} são respectivamente a temperatura ambiente e a temperatura de referência.

A Tabela 5 apresenta um resumo dos tipos de perdas, apresentando a porcentagem de perda.

Tabela 5 – Tipos de perdas do sistema fotovoltaico.

Tipo de Perda	Perda (%)
Sombreamento e Poeira	1 à 5
Mismatch	1 à 5
Cabeamento DC	1 à 7
Cabeamento AC	1 à 7
Temperatura	$C_{temp} = C_{mod} \times (2T_{amb} - T_{ref})$

Fonte: Academia do Sol, 2021.

3.5.3. Rendimento do sistema em função da área e a irradiação

“A irradiação solar é a magnitude que mede a energia por unidade de área de radiação solar incidente em uma superfície colocada em um local e intervalo de tempo bem especificados” (PLANAS, 2019).

A irradiação, dada em kWh/m²dia, é de extrema importância para o cálculo do rendimento do sistema e esse valor varia de acordo com a região. Utiliza-se o valor de irradiação da região como um dos fatores para classificar os melhores pontos para a instalação dos EVCS, o outro fator sendo o espaço disponível. Para isso, deve-se determinar o valor do rendimento do sistema fotovoltaico em função desses fatores.

4. Resultados

4.1. Rendimento do sistema fotovoltaico

O rendimento do sistema é dado pelo produto da potência gerada pela placa (450W, conforme Tabela 4), da irradiação e das perdas do sistema (conforme a Tabela 5).

Para determinar o valor da perda por temperatura (C_{temp}) foi utilizado a equação (1), onde T_{ref} é uma constante igual a 25 °C e C_{mod} é igual a 0,37 %/°C, conforme a Tabela 4.

Para determinar o valor de T_{amb} foi utilizado a média dos valores de temperatura máxima absoluta registrados entre 1981 e 2010 nas regiões próximas à rodovia Fernão Dias,

conforme dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021). O valor de T_{amb} é de 36,4°C.

$$C_{temp} = C_{mod} \times (2T_{amb} - T_{ref})$$

$$C_{temp} = 0,0037 \times (2,0000 \times 36,4000 - 25,0000) = 0,1769 \quad (2)$$

Para o cálculo do rendimento foi considerado os valores mais altos para as demais perdas, a fim de determinar o pior cenário.

$$Rendimento = 0,4500 \times Irradiação \times (1,0000 - 0,1000 - 0,1400 - 0,1769)$$

$$Rendimento = 0,4500 \times Irradiação \times 0,5831$$

$$Rendimento = 0,2624 \times Irradiação \text{ [kWh]} \quad (3)$$

A Tabela 4 apresenta também as dimensões da placa: 2150 x 1050 mm, o equivalente a uma área de aproximadamente 2,26 m².

O valor do total de energia gerada em função da área disponível para a instalação dos painéis e da irradiação é dado por:

$$Energia = 0,116 \times Irradiação \times Área \text{ [kWh]} \quad (4)$$

4.2. Localização dos eletropostos

Para o distanciamento entre as EVCS foi considerado o valor de autonomia média definido anteriormente: 250 km. O modo de recarga rápida foi considerado ideal para ser utilizado na rodovia devido ao menor tempo de recarga (15 minutos), e se limita a carregar somente 80% da bateria. Devido a isso, será considerado uma distância máxima de 200 km entre as EVCS.

Após o mapeamento, os postos foram divididos em blocos de 50 km, sendo o primeiro no início do trajeto estudado e os subsequentes iniciando 150 km após o anterior, assim sendo, escolhendo um posto por bloco, tem-se EVCS suficientes para percorrer o trajeto da rodovia respeitando a distância máxima estabelecida.

Depois da divisão em blocos, foi escolhido o posto de maior área de telhado dentro de cada bloco, assim tendo a disponibilidade para instalação de uma maior número de placas fotovoltaicas para a geração de energia. Nas tabelas 6 e 7 pode-se ver os locais escolhidos de cada bloco destacados para o sentido São Paulo e para o sentido Belo Horizonte respectivamente, após a utilização do método proposto.

Tabela 6 – Postos selecionados no sentido São Paulo.

Bloco	Nome do Posto	Área Telhado [m²]	KM	UF
Bloco 1 (KM 509 à 559)	Posto 500	1168	509	MG
	Posto Dom Pedro Itatiaiuçu	797	534	MG
	Auto Posto Rodochaves	1065	547	MG
Bloco 2 (KM 659 a 709)	Posto 358 II	179	667	MG
	Posto Crossville	958	677	MG
	Posto Petrobras	641	685	MG
	Posto Sandrele	846	692	MG
Bloco 3 (KM 809 a 859)	Posto Minas Gerais	993	817	MG
	Posto Capixaba	898	825	MG
	Rodo Posto Bela Vista	596	842	MG
	Posto Petrobras	570	850	MG
Bloco 4 (KM 20 a 70)	Auto Posto Brasil Grill	102	25	SP
	Posto Rede Frango Assado	576	29	SP
	Auto Posto Ultramarino	314	40	SP
	Posto 22	1007	50	SP

Fonte: Próprio autor, 2021.

Tabela 7 – Postos selecionados no sentido Belo Horizonte.

Bloco	Nome do Posto	Área Telhado [m²]	KM	UF
Bloco 1 (KM 90 à 40)	Posto 67 da Fernão	578	67	SP
	Petrograal	964	62	SP
	Posto 22	888	50	SP
	Posto Petrobras BR	693	44	SP
Bloco 2 (KM 889 a 839)	Posto Dom Pedro Cambuí	917	888	MG
	Posto Dom Pedro Cascudo	411	877	MG
	Posto Servsul	682	869	MG
	Posto Dom Pedro II	2849	868	MG
	Posto Ravena	1204	842	MG
Bloco 3 (KM 739 a 689)	BR Petrobras	433	734	MG
	Posto Novo Rio	925	727	MG
	Auto Posto Garitão	707	703	MG
	Posto Shell	558	691	MG
Bloco 4 (KM 589 a 539)	Posto Shell	366	589	MG
	Posto Alvorada da Serra	647	564	MG
	Posto Labareda	660	562	MG
	Auto Posto Vale Verde	1330	547	MG

Fonte: Próprio autor, 2021.

4.3. *Rendimento esperado dos eletropostos*

Utilizando a equação 4 é possível determinar o rendimento energético dos postos selecionados, esses valores são demonstrados na tabela 8.

Foi considerado o valor de 40 kWh para o tamanho da bateria de cada EV, referente ao valor médio de bateria dentre os veículos mais populares. Para o cálculo do número médio de EVs que podem ser recarregados pela EVCS foi considerado a razão entre a energia gerada pelo sistema fotovoltaico e 80% do valor médio de bateria, devido ao modo de recarga.

Para determinar a irradiação foram utilizados os dados retirados do site do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB, 2021).

Tabela 8 – Rendimento energético dos eletropostos.

Sentido	Nome Do Posto	Cidade	Área do Telhado [m²]	Irradiação [kWh/M² por Dia]	Energia [kWh]	Nº Médio Veículos / Dia
BH	Petrograal	Mairiporã - SP	964	4,63	517,75	16
BH	Posto Dom Pedro II	Pouso Alegre - MG	2849	4,79	1.583,02	49
BH	Posto Novo Rio	Carmo da Cachoeira - MG	925	4,86	521,48	16
BH	Auto Posto Vale Verde	Itatiaiuçu - MG	1330	5,03	776,03	24
SP	Posto 500	São Joaquim de Bicas - MG	1168	5,13	695,05	21
SP	Posto Crossville	Perdões - MG	958	4,97	552,31	17
SP	Posto Minas Gerais	Careaçu - MG	993	4,85	558,66	17
SP	Posto 22	Atibaia - SP	1007	4,78	558,36	17

Fonte: Próprio autor, 2021.

4.4. *Comparação da relação entre o número médio de EVs carregados por EVCS com o fluxo de veículos na rodovia*

A tabela 9 demonstra os dados fornecidos pela Arteris, a concessionária da rodovia Fernão Dias, referentes a média mensal de veículos que trafegam nas praças de pedágio destacadas da rodovia, de acordo com o mês de agosto de 2021.

Tabela 9 – Média mensal do tráfego de veículos pelas praças de pedágio da rodovia Fernão Dias.

Localização do Pedágio	Média Mensal de Veículos
Itatiaiuçu	273.000
Santo Antônio do Amparo	211.000
São Gonçalo do Sapucaí	252.000
Mairiporã	1.550.000

Fonte: Dados fornecidos diretamente pela Arteris Fernão Dias, 2021.

Considerando que o mês de agosto possui 31 dias e que o percentual de veículos de passeio que trafegam pela rodovia Fernão Dias é de 65,2% (ARTERIS, 2021) é possível

determinar uma média diária de fluxo de veículos. A Tabela 10 demonstra a comparação percentual entre o número médio de veículos que são possíveis de serem recarregados por dia pelas EVCS (apresentados na Tabela 8) em relação à média diária de veículos que trafegam pela rodovia na região.

Tabela 10 – Média mensal do tráfego de veículos pelas praças de pedágio da rodovia Fernão Dias.

Localização do Pedágio	Média Diária de Veículos	Relação Veículos Recarregados / Tráfego [%]
Itatiaiuçu	5742	0,71 [40 EVs]
Santo Antônio do Amparo	4438	1,49 [66 EVs]
São Gonçalo do Sapucaí	5300	0,62 [32 EVs]
Mairiporã	32600	0,11 [35 EVs]

Fonte: Cálculos feitos utilizando dados fornecidos diretamente pela Arteris Fernão Dias, 2021.

Na Tabela 10, a porcentagem é dada pela relação entre o número entre colchetes pela média diária de pedágio.

5. Discussão

A partir dos dados demonstrados na Tabela 10 é possível observar que o percentual da média de EVs recarregados utilizando somente energia fotovoltaica em relação à média de tráfego de veículos fica em torno de 0,6% a 0,7%, algo como 6 a 7 veículos por milhar. A região de Santo Antônio do Amparo apresenta quase o dobro desse valor, e a região de Mairiporã apresenta somente 0,11%, cerca de 1 veículo por milhar.

Devido a utilização do sistema *on grid*, seria possível recarregar mais veículos do que o esperado, porém seria utilizado a energia vinda da rede de distribuição. Em caso de não utilização da energia total gerada pelo sistema, isso resultará em créditos para o proprietário do sistema.

É necessário observar que os dados informados pela Arteris são referentes ao total de veículos que passam pelas praças de pedágio. Mesmo sendo os dados mais confiáveis disponíveis sem uma pesquisa de campo mais elaborada, eles não representam com total exatidão o fluxo de veículos que passa pelas EVCS. Esses dados, porém, servem para dar uma ideia aproximada da quantidade de veículos que passam na região e nas proximidades de onde as EVCS seriam instaladas.

Há espaço para a melhoria em relação aos números apresentados. A utilização de placas fotovoltaicas com uma maior geração de energia, por exemplo, resultaria em um maior número de EVs que os postos seriam capazes de recarregar. Foi considerada somente a infraestrutura atual para a instalação das placas, porém é possível adaptar essa estrutura para ela apresentar uma maior área para a instalação das placas, gerando assim ainda mais energia.

6. Conclusão

O trabalho aqui apresentado traz um novo método para a distribuição de EVCS em rodovias. O método prima pela energia renovável para o suprimento de energia das EVCS, seguindo os requisitos do programa Rota 2030 (ME, 2020).

Todo método foi elaborado fundamentado em dados fornecidos pela concessionária da rodovia Fernão Dias (Arteris), que liga Guarulhos - SP à Contagem - MG, rodovia tal que foi tomada como exemplo para os cálculos necessários ao desenvolvimento do método, podendo ser aplicado em qualquer outra rodovia.

Uma das maiores vantagens do método aqui proposto é a utilização de estruturas já existentes na rodovia para a instalação da geração fotovoltaica que irá suprir as EVCS. Outra vantagem é a utilização do sistema *on grid*, que mantém o sistema recebendo um suporte da rede para funcionar em momentos de pico de consumo e/ou baixa produção de energia.

Esse trabalho abre caminho para estudos futuros sobre o detalhamento do futuro fluxo de EVs em rodovias no Brasil para estações de recarga conseguirem se adaptar melhor aos locais onde são instaladas para receber a demanda e pesquisas sobre componentes para a melhora da eficiência da produção de energia por área de instalação.

Referências Bibliográficas

WANG, S. & GE, M. (21 de outubro de 2019). **Transporte é a fonte de emissões que mais cresce. Veja o que dizem os números.** Fonte: WRI Brasil: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/10/transporte-fonte-de-emissoes-que-mais-cresce-entenda-em-cinco-graficos>. Acesso em: abril de 2021.

VONBUN, C. (Agosto de 2015). **IMPACTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS E HÍBRIDOS PLUG-IN: UMA REVISÃO DA LITERATURA.** Fonte: Repositório IPEA, Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5328/1/td_2123.pdf. Acesso em: Abril de 2021.

CESAR, J. (20 de Novembro de 2020). **União Europeia pode 'apertar' a regra e banir carros a combustão já em 2025.** Fonte: INSIDEEVs, Disponível em: <https://insideevs.uol.com.br/news/455456/uniao-europeia-proibir-carros-gasolina-diesel-2025>. Acesso em: Abril de 2021.

SARAGIOTTO, D. (2 de Março de 2020). **App interliga pontos de abastecimento para carros elétricos do Brasil.** Fonte: Estadão, Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/mobilidade-para-que/empreender/app-interliga-pontos-de-abastecimento-para-carros-eletricos-do-brasil/>. Acesso em: Abril de 2021.

ABVE. (2020). **PLANO MÍNIMO DE DESENVOLVIMENTO.** Fonte: ABVE, Link de acesso: <http://www.abve.org.br/pmd/>. Acesso em: Abril de 2021.

DELGADO, F., COSTA, J., FEBRARO, J. & SILVA, T. **CARROS ELÉTRICOS**. 7 ed. Rio de Janeiro: FGV Energia. 2017. Fonte: FGV Energia, Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_carros_eletricos-fgv-book.pdf. Acesso em: Maio de 2021.

VALLE, H. (Agosto de 2015). **APLICAÇÃO DO CONCEITO VEHICLE-TO-GRID PARA NIVELAMENTO DE CARGA E SUPRIMENTO DE PICO DE DEMANDA**. Fonte: Repositorio UFRJ, Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015208.pdf>. Acesso em: Maio de 2021.

BARONTINI, F. (23 de Outubro de 2020). **Carregamento sem fio é o futuro dos carros elétricos e já tem padronização**. Tradução de Julio Cesar. Fonte: INSIDEVs, Disponível em: <https://insideevs.uol.com.br/news/450558/carregamento-sem-fio-carros-eletricos-padrao-sae/>. Acesso em: Junho de 2021.

RODRIGUES, M., OLIVEIRA, J., FERREIRA, A., BARBOSA, P. & BRAGA, H. **Eletrônica de Potência**, v. 19, n.2, p.193-207, mar./mai.2014, Campo Grande. Fonte: SOBRAEP, Disponível em: <https://sobraep.org.br/site/uploads/2018/07/rvol19no2p18.pdf>. Acesso em: Maio de 2021.

SCHNEIDER ELECTRIC. (18 de Janeiro de 2021). **Electric Vehicle and EV charging fundamentals**. Fonte: Electrical Installation Wiki, Disponível em: https://www.electrical-installation.org/enwiki/Electric_Vehicle_and_EV_charging_fundamentals. Acesso em: Maio de 2021.

ENEL X. (20 de Abril de 2019). **The Different EV Charging Connector Types**. Fonte: Enel X, Disponível em: <https://evcharging.enelx.com/resources/blog/552-ev-charging-connector-types>. Acesso em: Maio de 2021.

CIRCUTOR. (15 de Novembro de 2018). **The Type 2 or Mennekes connector for electric vehicle charging**. Fonte: Circutor, Disponível em: <http://circutor.com/en/products/featured/4511-the-type-2-or-mennekes-connector-for-electric-vehicle-charging>. Acesso em: Maio de 2021.

GB STANDARDS. **China National Standards Service Center**. Fonte: GB Standards, Disponível em: <http://www.gbstandards.org>. Acesso em: Junho de 2021.

TAVARES, N. (2 de Dezembro de 2019). **Conectores de recarga: quais são os tipos que existem**. Fonte: INSIDEVs, Disponível em: <https://insideevs.uol.com.br/features/379522/conector-tomada-recarga-tipos/>. Acesso em: Junho de 2021.

SIQUEIRA, C. (6 de Junho de 2020). **COMO A INSTALAÇÃO DE ESTAÇÕES E PONTOS DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS DEVE SER FEITA?** Fonte: OMS Engenharia, Disponível em: <https://omsengenharia.com.br/blog/estacao-de-recarga-de-veiculos-eletricos/>. Acesso em: Maio de 2021.

BRITO, M. C. & SILVA, J. A. (2006). **Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em electricidade¹**. Fonte: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Disponível em: <http://solar.fc.ul.pt/i1.pdf>. Acesso em: Maio de 2021.

BORTOLOTO, V. A., SOUZA, A., GOES, G., MARTINS, M. A., BERGHE, M. J. & MONTANHA, G. K. (2017). **GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR ON GRID E OFF GRID**. Fonte: 6ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu, Disponível em: <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIJTC/VIJTC/paper/view/1069/1234>. Acesso em: Maio de 2021.

WEG. (2020). **WEMOB Estações de Recarga para Veículos Elétricos**. Fonte: WEG, Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h2e/hff/WEG-estacoes-de-recarga-de-veiculos-eletricos-WEMOB-50094133-pt.pdf>. Acesso em: Novembro de 2021.

ARTERIS. **Fernão Dias**. Fonte: Arteris, Disponível em: <https://www.arteris.com.br/rodovias/fernao-dias/>. Acesso em: Junho de 2021.

RUS, T. (22 de Junho de 2018). ***Explained: WLTP vs NEDC - what are they, how do they work***. Fonte: DRIVEMAG, Disponível em: <https://drivemag.com/news/explained-wltp-vs-nedc-what-are-they-how-do-they-work>. Acesso em: Junho de 2021.

GOMES, F. (2018). **Elétricos com autonomia “reduzida” na passagem do NEDC para o WLTP**. Fonte: Razão Automovel, Disponível em: <https://www.razaoautomovel.com/2018/06/eletricos-autonomia-reduzida-nedc-wltp>. Acesso em: Junho de 2021.

VILLAÇA, T. (12 de Maio de 2021). **WLTP, NEDC, EPA: as siglas que fazem a autonomia e o consumo do seu carro mudarem tanto**. Fonte: Um Só Planeta, Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/energia/noticia/2021/05/12/wltp-nedc-epa-as-siglas-que-fazem-a-autonomia-e-o-consumo-do-seu-carro-mudarem-tanto.ghtml>. Acesso em: Junho de 2021.

TORRES, C. (23 de Abril de 2021). **Os 10 carros elétricos mais baratos à venda no Brasil**. Fonte: Mobiauto, Disponível em: <https://www.mobiauto.com.br/revista/os-10-carros-eletricos-mais-baratos-a-venda-no-brasil/764>. Acesso em: Junho de 2021.

JAC MOTORS. (2019). **JAC iEV20**. Fonte: JAC MOTORS, Disponível em: <https://www.jacmotors.com.br/veiculos/eletricos-detalhes/iev20>. Acesso em: Junho de 2021.

JAC MOTORS. (2019). **JAC iEV40**. Fonte: JAC MOTORS, Disponível em: <https://www.jacmotors.com.br/veiculos/eletricos-detalhes/iev40>. Acesso em: Junho de 2021.

RENAULT. (2021). **Ficha Técnica NOVO RENAULT ZOE E-TECH**. Fonte: Renault, Disponível em: <https://www.renault.com.br/veiculos-eletricos/zoe/ficha-tecnica.html>. Acesso em: Junho de 2021.

NISSAN. (2021). **NOVO NISSAN LEAF AUTONOMIA E RECARGA**. Fonte: Nissan, Disponível em: <https://www.nissan.com.br/veiculos/modelos/leaf/autonomia-recarga.html>. Acesso em: Junho de 2021.

CHEVROLET. **Bolt EV**. Fonte: Chevrolet, Disponível em: <https://www.chevrolet.com.br/eletrico/bolt-ev>. Acesso em: Junho de 2021.

ENF SOLAR. (2021). **ODA-72LM 410-450**. Fonte: ENF Solar, Disponível em: <https://www.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/47652>. Acesso em: Novembro de 2021.

ACADEMIA DO SOL. **Fatores de Perda em Sistemas Fotovoltaicos**. Fonte: Academia do Sol, Disponível em: <http://academiadosol.com.br/blog/fatores-de-perda-em-sistemas-fotovoltaicos/>. Acesso em: Junho de 2021.

PLANAS, O. (4 de Fevereiro de 2019). **O que é irradiação solar?**. Fonte: Energia Solar, Disponível em: <https://pt.solar-energia.net/que-e-energia-solar/radiacao-solar/irradiacao-solar>. Acesso em: Junho de 2021.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO BRASIL**. Fonte: INMET, Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: Agosto de 2021.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. (2021). **Potencial Solar - SunData v3.0**. Fonte: CRESESB, Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: Setembro de 2021.

ME - Ministério da Economia. **ROTA 2030 - MOBILIDADE E LOGÍSTICA**. Fonte: ME, Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/rota-2030-mobilidade-e-logistica>. Acesso em: Outubro de 2021.