



LOCALIZAÇÃO DE ESTAÇÕES DE CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UM ESTUDO DE CASO PARA A REGIONAL MATRIZ DE CURITIBA

Gustavo Claudino Clemente¹ ; Carlos Augusto de Sá Ribas Santos²; Sergio Tadeu Gonçalves Muniz³

Universidade Federal do Paraná, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210Jd. das Américas, Curitiba/PR, CEP 81530-000

gustavoc.claudino@gmail.com¹, carlos.saribas@gmail.com², sergio.muniz@ufpr.br³

RESUMO

A frota de veículos a combustão movidos a combustíveis fósseis será, aos poucos, substituída pelos veículos elétricos, puros ou híbridos. Mas para isso deve haver uma infraestrutura que ampare essa nova tecnologia. Nesse sentido, o presente estudo busca analisar os possíveis pontos de recarga de veículos elétricos na Regional Matriz de Curitiba, otimizando a distribuição dos mesmos na região para que se possa fazer uma transição de frotas de veículos a combustão por frotas de veículos elétricos, de forma segura e eficaz. Para este objetivo, será utilizado o método das p-medianas, buscando uma otimização das distâncias entre pontos de recarga e candidatos a estação de recarga. Para a resolução do problema e otimização das distâncias, será utilizado o método simplex. Como resultados, espera-se uma otimização dos pontos de recarga de veículos na região.

PALAVRAS-CHAVE: Mobilidade Elétrica; Veículo Elétrico; Postos De Carregamento; Localização/alocação; Curitiba; p-medianas.

1. INTRODUÇÃO

Observa-se um crescente aumento da frota de veículos elétricos (VE's) em diversos países, substituindo os carros convencionais, movidos a combustíveis fósseis (AGUIAR et al. 2019). Embora no Brasil a mobilidade elétrica ainda caminha a passos lentos, o cenário é que paulatinamente a frota de veículos à combustão interna sejam substituídos pelos VE's. Contudo, para a implantação de uma tecnologia nova, é necessária uma infraestrutura compatível, e no que tange os VE's, essa infraestrutura está relacionada aos pontos de recarga das baterias empregadas neles (IEA, 2018). Os pontos de recarga acabavam sendo um fator limitador, muito em virtude de falta de estudos pontuais em cada região para sua implantação. Assim, o presente estudo busca analisar os possíveis pontos de recarga de veículos elétricos na Regional Matriz de Curitiba (RMC), otimizando a distribuição dos mesmo na região. O foco do estudo será nas pessoas que trabalham na região e que podem vir a utilizar veículos elétricos num futuro próximo.



2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Veículos Elétricos

Segundo Castro, B. H. R. D., & Ferreira, T. T. (2010), um veículo elétrico é aquele tracionado por pelo menos um motor elétrico, sendo classificados simplificarmente em puros e híbridos. Os veículos puramente elétricos não possuem motor a combustão, são unicamente movidos por energia elétrica (Schwertner, C. D. 2017). Já os veículos híbridos possuem uma combinação, em série ou paralelo, de motor à combustão com elétrico.

2.2 Estações de Recarga

Segundo ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (2018), estação de recarga é um conjunto de softwares e equipamentos utilizados para fornecer corrente elétrica, contínua ou alternada, para o veículo elétrico. De acordo com Funke et al. (2015), uma forma de subdividir os postos de carregamento com base na necessidade do UVE's, pode ser observada na Tabela 1.

Duração	Tipo de necessidade (geral)	Tipo de posto de carregamento
Carregamento demorado	Sleep&charge (Enquanto o UVE está em casa, durante a noite)	Posto de carregamento normal (lento)
	Work&charge (Enquanto o UVE está no trabalho)	Posto de carregamento normal (lento)
Carregamento curto	Shop&charge (Enquanto o UVE se desloca a um serviço/atividade/lazer)	Posto de carregamento normal (lento ou semirrápido)
	Coffe&charge (Carregamento em pouco tempo, essencialmente durante uma	Posto de carregamento rápido

Tabela 1 – Tipos de carregamento baseado nas necessidades do utilizador
Fonte: adaptado de funke et al. (2015).

3. METODOLOGIA

Existem diversos métodos e abordagens para se analisar a quantidade e a melhor alocação de pontos de recarga de VE, dependendo dos objetivos (Elbanhawy & Dalton, 2015). Para escolher o método que representasse com mais fidedignidade as características de Curitiba, foi preciso entender quais dados e variáveis do problema seriam possíveis ser levantados e analisados, em função dos estudos já existentes com relação ao espaço, trânsito



e rotas no centro da cidade. O local de estudo foi delimitado como sendo a Regional Matriz de Curitiba (RMC)¹, região central da cidade, mapeada pelo Ippuc.

Sendo assim, a equalização do problema utilizará o método das p-medianas (Krömer e Platoš, 2014), buscando uma otimização das distâncias entre pontos de recarga e candidatos a estação de recarga. Dessa forma a modelagem se dará de acordo com os seguintes parâmetros: m = Conjunto de usuários de veículo elétrico (UVE's); n = Conjunto de candidatos a estações de carregamento; p = Número de estações (medianas); k = Número de clientes atendidos por cada estação. Serão usadas as equações propostas segundo o estudo de Scheidegger (2016), e para a resolução do problema será utilizado o método *simplex* para otimizar as distâncias.

Serão selecionados 200 possíveis candidatos a estações de carregamento, escolhidos em virtude da sua localização, próxima a grandes centros comerciais e empresariais, e também em função da sua estrutura/tamanho. A escolha de locais próximos a centros comerciais e empresariais se dará por estarem ali os possíveis usuários dos VEs, os quais necessitariam de garantias de que após sua jornada no centro da cidade poderão voltar para suas casas, sem a preocupação recorrente de faltar energia em seus carros.

O público alvo do estudo será pessoas que trabalham dentro da RMC e que utilizam automóveis para seu deslocamento, que podem ser potenciais usuários dos VE's (UVE's). Nesse sentido, para a concepção do estudo, a RMC foi entendida como uma abordagem local comercial, e não residencial. Sendo assim, quando o carro é deixado no estacionamento, assume-se como premissa da pesquisa que fica por todo o horário comercial, sendo generalizado que cada ponto de carregamento dentro de cada estacionamento carregará apenas um carro por dia.

O conjunto de possíveis UVE's estudados serão de 250, 500, 1000 e 3000 clientes. Para fazer a distribuição desses possíveis clientes, será necessário entender quais são os possíveis usuários de veículos elétricos. Nesse estudo, o foco será no tipo de necessidade *Work&charge* (enquanto o UVE está no trabalho), sendo assim, a ponderação de onde seria alocado os UVE's ficará em função da aglomeração de empresas, bem como o porte dessas empresas (em termos de número de funcionários) em cada área.

¹ Não deve ser confundido com “Região Metropolitana de Curitiba”, que possui a mesma sigla, porém com uma abrangência muito maior.



Serão tabuladas todas as distâncias reais entre os UVE's e as estações de carregamento, com o auxílio do Google Maps. Dessa forma, variando o número de UVE's (m) e o número de estações escolhidas (p), teremos como saída a melhor escolha entre toda as possíveis estações de carregamento. Vale destacar que o número de clientes atendidos por cada estação de carregamento k , varia em função das variáveis m e p , como exemplificado na tabela 2. Mas como fator limitador, temos que os estacionamentos comportam no máximo 25 veículos carregados por dia, em virtude de a maioria dos estacionamos estudados serem de pequeno porte.

Número de VE's	Número de estações	Número de clientes atendidos por cada estação
600	200	3
	150	4
	120	5
	50	12
1200	200	6
	150	8
	120	10
	50	24
3000	200	15
	150	20
	120	25
	50	*

Tabela 2 - Número de clientes atendidos em cada caso.

Fonte: os autores (2020)

4. RESULTADOS ESPERADOS

Como resultados, espera-se que, após a tabulação, processamento e análise dos dados, teremos uma otimização dos pontos de recarga de veículos na região. Dessa forma, será mais fácil implementar, aos poucos, a substituição das frotas de veículos a combustão pelos veículos elétricos, dando uma segurança em termos de autonomia para os possíveis usuários de VE's.



REFERÊNCIAS

ANEEL 2018. Resolução Normativa nº 819, de 19 de junho de 2018. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2018819.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2020.

AGUIAR, HELDER DE SOUZA et al. O veículo elétrico: estudo da percepção dos brasileiros. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 15, p. 25-25, 2019.

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de; FERREIRA, Tiago Toledo. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. **BNDES Setorial**, n. 32, set. 2010, p. 267-310, 2010.

ELBANHAWY, Eiman; DALTON, Ruth. Spatiotemporal analysis of the e-mobility system in Newcastle-Gateshead area. In: **10th International Space Syntax Symposium, SSS10**. 2015. p. 69.

FUNKE, Simon Árpád; GNANN, Till; PLÖTZ, Patrick. Addressing the different needs for charging infrastructure: An analysis of some criteria for charging infrastructure set-up. In: **E-Mobility in Europe**. Springer, Cham, 2015. p. 73-90.

KRÖMER, Pavel; PLATOŠ, Jan. Solving the p-median problem by a simple differential evolution. In: **2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)**. IEEE, 2014. p. 3503-3507

SCHEIDEGGER, Wandercleyson Marchiori; MESTRIA, Mário. LOCALIZAÇÃO DE ESTAÇÕES DE CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UM ESTUDO DE CASO PARA A REGIÃO DA GRANDE VITÓRIA.

SCHWERTNER, Christoffer Daniel. Uma metodologia para o estudo da eficiência energética em veículos elétricos e estações de recarga em eletropostos. 2017.