

---

## Modelo Para Avaliar os Impactos da Conexão de Veículos Elétricos no Sistema de Distribuição

José Victor Boaretto Guissoni<sup>1</sup>

Departamento de Matemática, FE/IS-Unesp, Ilha Solteira, SP

Antonio Marcos Cossi<sup>2</sup>

Departamento de Matemática, FE/IS-Unesp, Ilha Solteira, SP

Neste trabalho é apresentado um modelo para avaliar os impactos causados pela penetração de veículos elétricos híbridos (VEH) e puros (VEP) no sistema de distribuição de média tensão. O objetivo é determinar quais os melhores pontos (barras) do alimentador para a conexão dos veículos em um determinado período de carga. Trata-se de um problema de otimização em que o modelo matemático consiste em minimizar as perdas elétricas do alimentador em que os veículos irão se conectar, sujeito às restrições operacionais da rede elétrica e referentes ao carregamento dos veículos. Para resolver o problema é utilizado um algoritmo genético (AG) associado a técnica Simulação de *Monte Carlo*. Os resultados mostram quais são as melhores barras de cada alimentador do sistema para a conexão dos veículos elétricos, ou seja, as soluções que possuem o menor valor de função objetivo.

A função objetivo, equação (1), minimiza o somatório do módulo das perdas elétricas (em kW), de cada ramal do alimentador do sistema, sujeita às restrições do problema.

$$\text{Min} \sum_{j=1}^{nr_i} |R_j \cdot I_j^2| \quad (1)$$

em que:  $nr_i$  representa a quantidade máxima de ramais do alimentador  $i$ ;  $R_j$  é a parcela real da impedância dos cabos instalados em cada ramal  $j$  do alimentador;  $I_j$  representa o fluxo de corrente nos cabos de cada ramal  $j$ .

As restrições do problema são formadas por um conjunto de equações e inequações que representam: balanço de potência, queda de tensão, capacidade de operação dos cabos, capacidade de operação das subestações e restrições referentes ao carregamento dos veículos. O modelo consiste, a cada ciclo da simulação de *Monte Carlo*, em determinar a distribuição normal de potências em cada barra do alimentador, tendo como base a potência média da barra e um desvio padrão de 10%, bem com a escolha de uma amostra. Para adicionar as cargas dos veículos elétricos no alimentador e encontrar as soluções que farão parte do vetor soluções, utiliza-se o AG. As características do AG são: a configuração

---

<sup>1</sup>victor@victorboaretto.com

<sup>2</sup>cossi@mat.feis.unesp.br

inicial é gerada aleatoriamente adicionando os veículos elétricos nas barras do alimentador, em que a quantidade de veículos adicionados seja 20% do número total de barras do alimentador. A avaliação das soluções é feita através da função objetivo e análise das restrições, tendo como base os parâmetros de rede determinados pelo cálculo de fluxo de potência. Caso alguma restrição seja violada, a solução é penalizada. O processo de seleção é feito através da técnica da roleta. O processo de recombinação utilizado é de dois pontos e o de mutação procura alterar o tipo de veículo e a barra onde o mesmo se encontra. O algoritmo do modelo funciona da seguinte maneira:

1. Enquanto não for satisfeito o critério de parada do ciclo de aplicações do método de *Monte Carlo*, faça:
  - (a) Determinação da curva de distribuição normal de potências em cada barra do alimentador, para um determinado período de carga escolhido;
  - (b) Escolha de uma amostra da distribuição de cargas em cada barra do alimentador;
  - (c) Algoritmo genético (Penetração dos veículos no alimentador):
    - i. Geração da solução inicial do AG, adicionando veículos nas barras do alimentador;
    - ii. Enquanto critério de parada do AG não for satisfeito, faça:
      - A. Cálculo de fluxo de potência;
      - B. Avaliação das soluções;
      - C. Processo de seleção;
      - D. Processo de recombinação;
      - E. Processo de mutação.
    - iii. Fim enquanto;
    - iv. Seleciona a melhor solução encontrada pelo AG para o conjunto vetor soluções.
2. Fim enquanto;
3. Análise estatística do vetor soluções.

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pelo apoio financeiro no desenvolvimento do trabalho.

## Referências

- [1] J. C. Lima, E. M. Lourenço and M. Morozowki Filho. Impacto da conexão de veículos elétricos em redes de distribuição de energia elétrica, *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Automática - CBA 2012*, 2012. ISBN: 978-85-8001-069-5.
- [2] E. C. Simon, Avaliação de impactos da recarga de veículos elétricos em sistemas de distribuição, Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético, COPPE, (2013).