

## ANÁLISE DE OPERAÇÃO V2G (VEHICLE-TO-GRID) PARA CONSUMIDORES RESIDENCIAIS

*Gustavo Catusso Balbinot*  
*José Diogo Forte de Oliveira Luna<sup>5</sup>*

**Palavras-Chave:** V2G, Tarifa Branca, Veículo Elétrico, Controle Preditivo Baseado em Modelo

### INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia trouxe, nos últimos anos, mudanças nos paradigmas de geração e consumo. O advento da Tarifa Branca, no Brasil, é uma decorrência desse cenário. Esta modalidade tarifária, que contempla valores diferentes para os horários fora de ponta, intermediário e de ponta, para consumidores do grupo B, busca estimular a redução do consumo de energia nos horários mais críticos para a rede nacional (RODRIGUES e CARLO, 2020).

Isto acontece devido o valor da Tarifa Branca (TB), fora de ponta, ser menor que a tarifa convencional (TC), sendo, porém, mais cara, nos outros dois períodos. Deste modo, os consumidores optantes desta tarifa têm sua cultura de consumo impactada para objetivar a redução na tarifa (ANEEL, 2019).

Outra tecnologia emergente se refere ao crescimento da presença de veículos elétricos, os quais trazem consigo uma filosofia de minoração dos impactos ambientais. Em particular, destacam-se os veículos elétricos a bateria (BEV), aqueles com tração exclusivamente elétrica e dotadas de bateria para armazenar energia (SAUSEN et al., 2018). Embora a presença de BEVs constitua, a princípio, uma carga a mais para ser alimentada, quando se trabalha com carregamento inteligente, sua presença pode ser utilizada em benefício do consumidor.

---

<sup>5</sup> Instituto Federal de Rondônia (IFRO)

O conceito de veículo-para-rede (v2g) descreve a possibilidade de fluxo bidirecional de potência a partir da bateria do carro elétrico. Deste modo, pode-se carregar a bateria quando a energia é barata e utilizar esta energia armazenada, em lugar de comprar da rede, quando a tarifa é maior (DE LAZARI e SPERANDIO, 2019). Para fazer o controle do carregamento da bateria do BEV, uma técnica de controle preditivo baseada em modelo (MPC) é uma candidata bastante usual na literatura (PAHASA e NGAMROO, 2014). O MPC é um controlador que resolve um problema de otimização, utilizando previsões das saídas futuras dentro de um horizonte de previsão, considerando restrições e um modelo de previsão.

## **OBJETIVOS**

A pesquisa visa analisar os benefícios de se ter um BEV operando em v2g, comparando os preços diários nas duas modalidades de tarifas disponíveis, a tarifa convencional e a tarifa branca, considerando ausência de geração distribuída e a manutenção dos hábitos de consumo do residente.

## **METODOLOGIA**

Para o estudo foi modelado uma residência com distribuição de carga ao longo de um dia. A curva de carga residencial empregada foi baseada nos dados do PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) (2016). Desta forma o perfil de carga utilizado corresponde com o padrão esperado de uma residência brasileira típica. Para a parametrização da bateria do veículo utilizou-se dados técnicos de fabricantes deste tipo de veículo. Adotou-se uma capacidade de 30 kWh, com um rendimento de 4,4 km/kWh.

Adicionalmente, adotou um carregador de bateria residencial de 6000 W, sendo esta, portanto, a taxa máxima de carga e de descarga da bateria do BEV. As outras cargas da casa somam 10,8 kW. Adota-se como condições iniciais para a simulação: a bateria do carro inicia com 90% de sua capacidade e inicialmente a residência está consumindo da rede.

Para a gestão de energia da residência foi proposto o uso de um MPC econômico, objetivando a diminuição do consumo da rede e penalizando ciclos de carga e descarga frequentes. Nas restrições do controlador foram incluídos limites de operação, o modelo dinâmico do estado de carga (SoC) da bateria e o balanço de potência.

O MPC proposto adotou um horizonte de predição de 10 horas com tempo de amostragem de 15 minutos. Assume-se que os horários de saída e chegada do BEV são conhecidos: o motorista estará em casa entre 12h e 13h30, no almoço, e de 18h até 7h do dia seguinte. Foram utilizados, a título de comparação, os custos das tarifas dadas em Rondônia, pela concessionária Energisa, e em Santa Catarina, onde a responsável é a Celesc. Sendo a tarifa convencional da Energisa 0,57682 R\$/kWh, e da Celesc de 0,46978 R\$/kWh. A tarifa branca pela Energisa tem-se os valores, 1,10970 R\$/kWh no horário de ponta, 0,72347 R\$/kWh para o horário intermediário e 0,50983 R\$/kWh para fora de ponta. Pela Celesc têm-se 0,8391 R\$/kWh no horário de ponta, 0,53394 R\$/kWh para o horário intermediário e 0,39765 R\$/kWh para fora de ponta.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O resultado da simulação com os valores de custo atribuído pela Energisa foi para de para a TB foi de R\$ 119,90 diário, utilizando esse valor constante, o valor mensal seria de R\$ 3.597,13 mensal e pela TC o valor diário seria de R\$ 119,99, utilizando o valor diário como base têm-se um custo mensal de R\$ 3.599,92. Utilizando o valor da Celesc foi para a TB de R\$ 92,50 e para a TC R\$ 97,72, logo mensal para TB seria de R\$ 2.775,08 e para a TC foi de R\$ 2.931,88. Com os resultados obtidos nota-se que, em Rondônia o consumidor não teria vantagem significativa entre as tarifas, por sua vez em Santa Catarina pode-se observar uma diferença mais expressiva nos valores.

Cabe destacar, que a presença do v2g garante a flexibilidade uma vez que o controlador pode decidir comprar mais energia no horário fora de ponta, armazenando-a na bateria do veículo, e consumir tal energia no horário de ponta.

Esta versatilidade gera uma redução da conta de energia, mesmo sem o consumidor alterar seu perfil de consumo.

## **CONCLUSÕES**

A presença do BEV operando em v2g na redução do custo mensal de energia para clientes optantes da tarifa branca mesmo sem alteração na curva de carga. De posse de tais resultados, pode-se seguramente extrapolar que, com algum aprimoramento na cultura de consumo dos residentes, a vantagem será ainda maior. Desta forma pode-se concluir que a operação em v2g, além dos benefícios à rede, ampliando aqueles pretendidos pela implantação da tarifa branca, ainda possibilita benefícios ao consumidor que vê sua tarifa mensal reduzida, harmonizando-se com a tarifa branca.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ANEEL. **Tarifa Branca.** Brasilia: National Agency of Electrical Energy - ANEEL, 2019. <http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>. accessed in June, 2019.
- DE LAZARI, Gustavo Mores; SPERANDIO, Mauricio. Vehicle-to-Home Evaluation in Brazil. In: **2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference-Latin America (ISGT Latin America)**. IEEE, 2019. p. 1-6.
- PAHASA, Jonglak; NGAMROO, Issarachai. **PHEVs bidirectional charging/discharging and SoC control for microgrid frequency stabilization using multiple MPC**. IEEE Transactions on Smart Grid, v. 6, n. 2, p. 526-533, 2014.
- PROCEL. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energetica do Brasil.** Rio de Janeiro, 2006.
- RODRIGUES, Matheus Gomes; CARLO, Joyce Correna. Impactos da geração distribuída fotovoltaica e da tarifa branca no consumo do setor residencial. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 11, p. e020018-e020018, 2020.

SAUSEN, J. Passinato et al. Economic feasibility study of using an electric vehicle and photovoltaic microgeneration in a smart home. **IEEE Latin America Transactions**, v. 16, n. 7, p. 1907-1913, 2018.