



Evento: XXIX Seminário de Iniciação Científica.

MODELAGEM DE CURVA DE DEMANDA RESIDENCIAL TÍPICA CONSIDERANDO INSERÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS¹

RESIDENTIAL LOAD MODELING CONSIDERING THE INSERTION OF ELECTRIC VEHICLES

BERNARDO F. AZOLIM², JOÃO M. LENZ

¹ Projeto de pesquisa desenvolvido na Unijuí: “Desenvolvimento de Sistemas de Automação e Controle para Sistemas Elétricos”.

² Bolsista PIBIC-UNIJUI, aluno de graduação em Engenharia Elétrica.

RESUMO

Com o aumento da frota de veículos elétricos também cresce a preocupação do impacto que estes terão no sistema de distribuição de energia elétrica. É desejável que estes veículos não sejam carregados durante os horários de pico de demanda para não sobrecarregar o sistema elétrico. Assim, este trabalho propõe uma modelagem do comportamento de carga e descarga de um veículo elétrico no contexto da curva de demanda de uma residência típica brasileira. O banco de baterias de um Nissan Leaf foi modelado utilizando informações de testes reais, e simulado no MATLAB/Simulink. Resultados do estado da carga da bateria do veículo elétrico e da curva de demanda da residência são apresentados.

Palavras-chave: Veículo elétrico. Smart grid. Modelagem energética.

INTRODUÇÃO

No panorama elétrico atual, existe a disseminação de métodos contribuintes à redução de investimentos monetários junto aos impactos socioambientais provocados pela exploração excessiva de fontes fósseis, dentre estes, pode-se destacar a Smart Grid, que tem a intenção de otimizar a produção, distribuição e consumo de energia, viabilizando a entrada de novas fontes e consumidores, possibilitando uma descentralização na geração através de uma rede elétrica caracterizada pelo uso intensivo das tecnologias de informação e comunicação (Rivera, 2013).

Com a inserção de novos meios de geração e consumo no âmbito junto às Smart Grids, como painéis fotovoltaicos (FV) e veículos elétricos (VE), é necessário a implementação de uma coordenação destes para com a rede convencional, como ilustrado na Fig. 1. Com o aumento da frota de veículos elétricos (VEs) nos últimos anos, e potencial crescimento no futuro breve, também surge uma preocupação sobre o impacto que estes terão no sistema elétrico de potência. Durante o carregamento, o VE pode ser considerado como uma carga de potência tão grande quanto o resto da residência, especialmente se o



carregamento não for controlado (Sausen, 2018). Este problema também pode existir fora das residências, nos carregadores de VEs em estacionamento ou outros estabelecimentos comerciais. O supercarregador da companhia Tesla, por exemplo, possui capacidade de fornecer até 250 kW (Clean Technica, 2019).

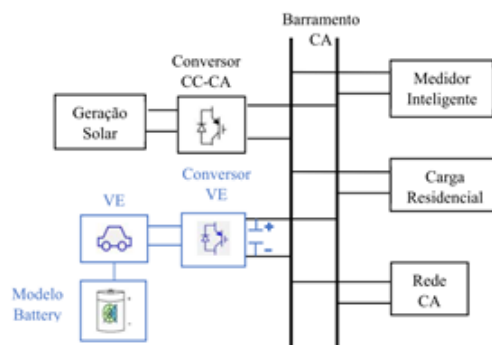


Figura 1. Interface entre VE, sistema residencial e geração fotovoltaica (Sausen, 2018).

Neste cenário, também é preciso aumentar o planejamento do aumento de geração de energia elétrica para atender esta crescente demanda de VEs. Assim, este trabalho tem como objetivo estudar o impacto que um VE tem no consumo de energia elétrica em uma residência típica, considerando o cenário brasileiro.

METODOLOGIA

Com a necessidade de obter um modelo que expressasse o comportamento elétrico da bateria de um EV, na análise do controle no processo de troca mútua entre a casa e o veículo, o modelo battery presente na biblioteca do Simulink foi escolhido, além do fácil manuseio possibilita a troca de informações com o MATLAB.

Para isso, o modelo matemático de uma bateria de Lítio-Íon foi estudado para poder analisar e realizar estudos sobre os perfis de carga e descarga de um banco de baterias (Mathworks, 2021). Com este modelo, é possível estimar o State-of-Charge (SOC, estado da carga) da bateria em função da tensão e corrente consumida ou injetada. Assim, sendo possível simular qual é a potência exigida durante a carga ou descarga de um VE.

O circuito equivalente do modelo da bateria utilizado é mostrado na Fig. 2a, enquanto a simulação realizada para estudar a bateria é mostrada na Fig. 2b. Na Fig. 2a, é possível ver que a energia de carga (E_{charge}) e a de descarga ($E_{discharge}$) são dependentes da



corrente elétrica que circula pela bateria (I_{batt}). O SOC da bateria é representado pela fonte de tensão (E_{batt}). Na Fig. 2b, foi montado um circuito com uma fonte de corrente controlada para representar o perfil de carga e descarga da bateria, de acordo com os horários que o VE está consumindo ou recebendo potência elétrica, onde também são medidas a tensão, corrente e o SOC da bateria.

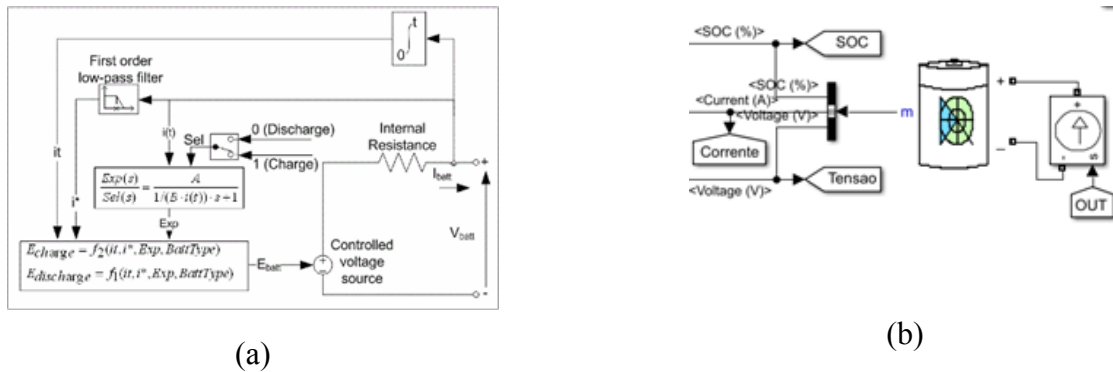


Figura 2. (a) Circuito equivalente da bateria utilizado e (b) simulação implementada para análise da bateria no Simulink.

Com o objetivo de realizar um estudo que considerasse uma aplicação real, foram utilizados as informações fornecidas pelo Advanced Vehicles and Infrastructure do INL (Idaho National Laboratory), que fornecem resultados e dados veículos avançados e infraestruturas de abastecimento numa variedade de aplicações e ambientes. Foi escolhido o Nissan Leaf 2013 por ser um modelo presente no mercado brasileiro e os parâmetros de seu banco de bateria foram utilizados para a modelagem do sistema (INL, 2016).

Para este trabalho, uma curva de demanda média de uma residência de 2 pessoas da Classe Econômica C na região Sul do Brasil foi utilizada, de acordo com (Gastaldello, 2017), como mostra a Fig. 3.

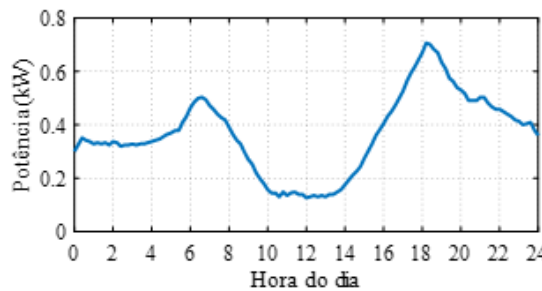


Figura 3. Curva de demanda residencial média típica utilizada.

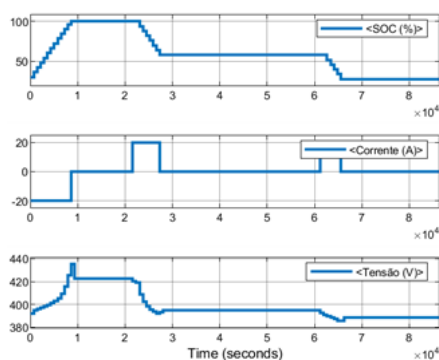


RESULTADOS E DISCUSSÃO

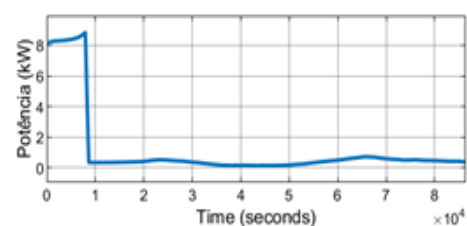
Para realizar uma análise comparativa do perfil de consumo energético da residência com carregamento do VE, conforme descrito na Fig 1, foi montada uma simulação que use um perfil de carga do VE utilizando a modelagem da bateria já apresentada. Também foi utilizada a curva de demanda já descrita na Seção 2.2. Uma função no MATLAB foi utilizada para definir os momentos e condições de carga do VE. A estratégia considerada é de que o VE só é carregado durante a madrugada, para reduzir os custos tarifários (considerando um preço de energia flutuante) e o impacto na rede elétrica, e, durante o dia, é considerado que o VE é utilizado. O cenário simulado é o seguinte:

- 00h00min às 5h30min: o VE é carregado a 20 A, até que o SOC atinja 100%;
- 6h00min às 7h30min: o VE está sendo utilizado e descarregado a -20 A;
- 17h00min às 19h00min: o VE está sendo utilizado e descarregado a uma corrente constante de -20 A. Após este período, o VE retorna à residência com um SOC de 27,5%.

A Fig. 4a mostra os gráficos da tensão, corrente e estado da carga (SOC) do VE ao longo deste perfil diário. Por último, a curva de potência consumida pelo VE durante o período de seu carregamento foi somada à curva de demanda residencial, conforme ilustra a Fig. 7.



(a)



(b)

Figura 4. Curvas de tensão, corrente e estado da carga do VE e (b) da potência consumida pela residência ao longo de um dia no estudo de caso considerado.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O funcionamento de VEs e o impacto destes na curva de demanda de uma residência, assim como na rede elétrica de distribuição, foi modelado. Também foi possível realizar uma modelagem do perfil de carga e descarga de um VE considerando dados de uma bateria real. Com isto, é possível determinar qual a curva típica de consumo de eletricidade e quais os horários adequados para realizar o carregamento do VE de modo a diminuir o impacto na rede de distribuição e também diminuir o custo energético.

Como trabalhos futuros, deseja-se ampliar as análises sobre o gerenciamento do fluxo de potência considerando o sistema VE, junto à residência e o sistema FV. Após, será estudada uma proposta de gerenciamento inteligente de carga/descarga do VE de acordo com a produção de energia FV e a tarifação da eletricidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço pela bolsa PIBIC-UNIJUÍ e ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) pela oportunidade de participar no desenvolvimento dessa atividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gastaldello, D.S., “Desenvolvimento de metodologia para previsão da demanda de energia elétrica residencial considerando aspectos socioeconômicos e ferramentas computacionais inteligentes”, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2017.

Idaho National Laboratory, Manual técnico, “Battery Pack Laboratory Testing Results – 2013 Nissan Leaf S – VIN 0646”, 2016.

Mathworks Digital Library, <https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/powersys/ref/battery.html>, Acesso em Fevereiro de 2021.

Rivera, R., Esposito, A.S., Teixeira, I., “Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local”, Revista do BNDES, 2013.

Sausen, J.P, Bienlo, M.F.B, Campos, M., Sausen, A.R.Z.R., Sausen, P.S., “Economic Feasibility Study Of Using An Electric Vehicle And Photovoltaic Microgeneration In A Smart Home”, IEEE Latin America Transaction, Vol. 16, No. 7, 2018.

Clean Technica, reportagem técnica: <https://cleantechnica.com/2019/07/01/teslas-nanochargers-deliver-250-kw-charging-1722-km-hr-today/>, Acesso em Junho 2021.