

[USINA HÍBRIDA: ESTADO DA ARTE]

[Marco Antonio Haikal Leite, PUC-Rio, mahaikal@puc-rio.br],
[André de Oliveira Dias, PUC-Rio, andreod.dias@puc-rio.br],
[Adriana Alves Barbosa, PUC-Rio, abarbosa19@puc-rio.br],
[Valdir José Rodrigues dos Santos, PUC-Rio, valdir-santos@puc-rio.br]

Introdução

O crescimento populacional desordenado somado à dependência por energia elétrica resultou na necessidade de ampliação das fontes alternativas de energia associadas às políticas para o setor energético que visam o desenvolvimento social e econômico do país. Uma solução que vem ganhando destaque é a geração de energia por meio de usinas que utilizem mais de uma fonte primária, as chamadas usinas híbridas. No Brasil, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2018, as usinas híbridas se tornaram um argumento de que a complementaridade entre determinados recursos (eólico e solar, solar e térmica, por exemplo) possibilitaria melhor aproveitamento do sistema de transmissão existente e planejado. A hibridização permite que a planta opere com mais flexibilidade e que mude a oferta de acordo com a demanda de consumo de energia. O Brasil possui elevado potencial para a hibridização, tendo em vista que o país já utiliza 48% de energia renovável, enquanto a média mundial é de apenas 15% (MME, 2024). Uma combinação bastante promissora está entre o gás natural, a energia solar fotovoltaica, o armazenamento por bateria e o hidrogênio, podendo beneficiar tanto a população de ambientes remotos ou isolados quanto os setores agrícolas e industriais, destacando-se os segmentos petrolífero e de fertilizantes. A Usina Híbrida é uma instalação para a produção de energia elétrica, combinando mais de uma tecnologia, entre elas, eólica e solar, hidráulica e fotovoltaica, entre outras fontes integradas. Para este estudo, avaliou-se a combinação de gás natural, fotovoltaica e bateria de íons de lítio. Tratando-se de gás natural, percebe-se que houve, em sua utilização para geração de energia elétrica no Brasil, ao longo dos últimos 5 anos, um incremento da potência instalada da ordem de 13 GW para 18 GW. (ABSOLAR, 2024). Na parte de fotovoltaica, verificam-se que os módulos fotovoltaicos estão em constante mudanças para aumentar eficiência e a potência pico. No Brasil, as principais tecnologias comercializadas de módulos solares são: silício monocristalino, silício policristalino, filme fino, CDTE (telureto de cádmio), CIS/CIGS (seleneto de cobre, índio e gálio), além das que estão em fase de pesquisa como Perovskita e biohíbrida (RATHORE *et al.*, 2019, MUSAZADE *et al.*, 2018). A geração de energia do sistema fotovoltaico pode ser aproveitada de diversas formas. Uma delas, consiste na injeção da energia na rede da concessionária de energia, em acordo com a resolução normativa REN 482 de 2012 da ANEEL e, posteriormente, consolidada pela lei 14.300 de 2022 relacionada ao marco legal da geração distribuída. Dessa maneira, o consumidor é compensado pela distribuidora por meio de créditos na conta de energia. Outra é a utilização para o consumo próprio. Há também aplicação dessa energia voltada para a produção de hidrogênio por eletrólise da água, denominado hidrogênio verde, podendo ser utilizado na produção de fertilizantes, no refino de petróleo e ainda alimentar células a combustível para geração de energia (EPE, 2023). É possível também o aproveitamento da energia com a utilização do armazenamento, cuja principal aplicação é com o uso de baterias (REKIOUA, 2023). As baterias são dispositivos capazes de armazenar a energia elétrica na forma de energia química, por um processo de oxidação e redução no seu interior. Quando a bateria está ligada a uma carga elétrica, produz-se uma corrente contínua devido à conversão da energia química em energia elétrica (PINHO & GALDINO, 2014). As principais aplicações do armazenamento de energia em baterias são: “*time-shift*” (carrega energia no horário fora de ponta e descarrega no horário de ponta); “*peak-shaving*” (garante que a demanda contratada não seja ultrapassada) e “*backup*” de energia (garantia do fornecimento de energia em caso de interrupção da energia da concessionária). Os principais tipos de baterias são: chumbo-ácido, íons de lítio, níquel-cádmio, níquel hidreto metálico, sal fundido, bateria de estado sólido e baterias de fluxo de vanádio e de ferro. Além dessas, há a bateria de grafeno, que utiliza uma camada de grafeno, composto derivado do grafite, em síntese com os materiais usualmente utilizados em baterias, como o lítio, por exemplo, alterando as propriedades destes materiais, resultando, por exemplo, no aumento da densidade de energia. Todas essas fontes combinadas compõem um tipo de usina híbrida com elevado potencial de geração energética sustentável e renovável.

Metodologia

O presente trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira envolvendo a revisão bibliográfica das tecnologias de gás natural, energia solar fotovoltaica e bateria que compõem a Usina Híbrida, bem como o hidrogênio e suas possíveis aplicações. E a segunda etapa, consistindo no desenvolvimento de simulações com os programas Homer Energy Pro e PVsyst. Para as simulações serão consideradas variações no perfil das cargas elétricas, na adoção de diferentes equipamentos de geração de energia e localidades, de modo a verificar quais melhores sistemas em cada circunstância. Dessa forma, foram utilizadas, na simulação do sistema, perfis de carga elétrica dos segmentos de agronegócio e hoteleiro. Foram empregadas também duas configurações de posicionamento do sistema solar fotovoltaico, uma sendo fixo ajustável e outra com rastreamento. As baterias foram dimensionadas em série e em paralelo. Para o gás natural, foram realizadas duas simulações de geradores: a primeira com dois de 500 kW e a segunda contendo um de 262 kW e outro de 175 kW. O objetivo desse trabalho é fazer uma análise comparativa dos resultados obtido com as simulações propostas.

Resultados

Os resultados das simulações apresentaram diferenças relevantes em diversos sistemas modelados. Em todas as simulações feitas, os sistemas com rastreamento apresentaram retorno econômico superior em relação aos sistemas com estruturas fixas. As baterias ainda possuem pouca utilização, em decorrência do seu elevado custo, dessa forma, sua utilização fica muito restrita aos casos de falha de energia da concessionária. Em virtude dos custos do uso do gás natural, o gerador somente se torna atrativo para os casos em que há adoção do horário de ponta, nos demais casos, é preferível utilizar a energia da concessionária. O melhor cenário foi observado no caso com carga hoteleira, tarifa monômnia, sem baterias e utilização de 2 geradores de 500 kW e sistema com rastreamento, onde o valor presente líquido foi R\$ 42.237.361,84.

Conclusão

As usinas híbridas, bem como o desenvolvimento e o aprimoramento das tecnologias de cada fonte de energia são oportunidades para a otimização da produção de energia elétrica, bem como da rede de transmissão já existente, tornando o seu uso mais eficiente e estável e reduzindo os custos para o consumidor final. O presente trabalho mostrou tal importância, a partir dos resultados obtidos.

Referências

ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico>. Acesso em: 28 fevereiro 2024.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em 26 fevereiro 2024.

GORDON, O. *Graphene is set to disrupt the EV battery market*. Energy storage. 2024 Disponível em: <https://www.energymonitor.ai/tech/energy-storage/graphene-is-set-to-disrupt-the-ev-battery-market/?cf-view> Acesso em 26 fevereiro 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/transicao-energetica-a-mudanca-de-energia-que-o-planeta-precisa> Acesso em 26 fevereiro 2024.

MUSAZADE,E.; VOLOSHIN,R.; BRADY,N.; MONDAL,J.; ATASHOVA,S.; ZHARMUKHAMEDOV,S.K.; HUSEYNOVA,I.; RAMAKRISHNA,S.;NAJAFPOUR,M.M.; SHEN,R.J.; BRUCE,B.D.; ALLAKHVERDIEV,S.I. *Biohybrid solar cells: Fundamentals, progress, and challenges*. Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews. 2018, VOL. 35, 134-156.

PINHO, J. T., & GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Centro de Pesquisas da Eletrobras (CEPEL): Rio de Janeiro. 2014.

PORTAL SOLAR. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/creditos-energia-solar> Acesso em 26 fevereiro 2024.

RATHORE, N.; PANWAR, N. L.; YETTOU, F.; GAMA, A. *A comprehensive review of different types of solar photovoltaic cells and their applications*. INTERNATIONAL JOURNAL OF AMBIENT ENERGY. 2021, VOL. 42, Nº. 10, 1200–1217. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01430750.2019.1592774> Acesso em 26 fevereiro 2024.

REKIOUA, D. *Energy Storage Systems for Photovoltaic and Wind Systems: A Review*. Energies 2023, VOL. 16, Nº. 3893, 1-26. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en16093893> Acesso em 26 fevereiro 2024.