

Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas

Proposta de Tese de Mestrado

Área: Cibernética

Linha de Pesquisa: Sistemas Energéticos

Título Provisório: Integração de solução pareada de sistemas fotovoltaicos residenciais com Home-BESS

Orientador: Roberto Feliciano Dias Filho

Co-orientador: José Raimundo Lima Júnior

Este projeto de pesquisa visa analisar a integração de sistemas fotovoltaicos residenciais (FV) pareados com sistemas de armazenamento de energia por baterias residenciais (home-BESS), abordando os desafios e as oportunidades que esta solução representa para as redes de distribuição. O estudo se insere no contexto global de crescente adoção de soluções energéticas sustentáveis, sendo impulsionado pela rápida expansão da geração distribuída fotovoltaica no Brasil, especialmente em Pernambuco, onde a potência instalada acumulada cresceu 192% entre 2021 e 2023. Essa alta penetração de FV de telhado (rooftop PV) em instalações descentralizadas, embora economicamente vantajosa para os consumidores (prosumidores), gera um impacto significativo nas redes elétricas, notadamente a manifestação da "curva do pato" (duck curve) [1, 2]. Este fenômeno exige um intenso rampeamento de megawatts (MW) entre 16h e 21h, coincidindo com o aumento do consumo e a inerente perda de geração solar, o que pode levar ao desatendimento dos consumidores.

O principal objetivo deste estudo é avaliar como a inserção de home-BESS pode compensar a forte penetração de FV em instalações residenciais. A pesquisa concentrou-se na simulação de diferentes níveis de adoção de FV e/ou BESS em uma comunidade específica de 204 residências na Zona Oeste do Recife, Pernambuco, utilizando a comunidade de Cafesópolis, na Zona Sul do Recife, como estudo de caso devido ao seu grande potencial fotovoltaico. Foram analisados cenários de penetração de FV de 0% a 100% e de BESS de 0% a 75%, incluindo configurações mistas e casos onde apenas FV está presente. O escopo envolve a modelagem dos recursos energéticos e de um trecho das redes elétricas primária (13,8 kV) e secundária (380 V) da Neoenergia Pernambuco, visando mostrar os efeitos benéficos e os malefícios da sobrecompensação dos sistemas de armazenamento residenciais [3, 4].

A metodologia aplicada adota uma abordagem de pesquisa baseada em simulações computacionais para avaliar a viabilidade dos home-BESS na compensação dos sistemas fotovoltaicos de telhado. A modelagem da rede elétrica foi realizada no software OpenDSS, que é uma ferramenta de simulação de redes [5]. O dimensionamento dos sistemas FV de telhado, que foram projetados para suportar 5.500 W utilizando módulos de 250 W, foi realizado utilizando o System Adviser Model (SAM) da NREL. Para lidar com o grande volume de dados gerados e para automatizar o processo de simulação dos diversos cenários, a linguagem de programação Python foi essencial, sendo utilizada tanto para o processamento dos dados em intervalos de 15 minutos quanto para a geração automatizada dos arquivos de entrada do OpenDSS [6, 7, 8].

Os resultados obtidos destacam que a integração de home-BESS é crucial na mitigação de problemas de injeção de potência e na redução significativa do rampeamento severo da carga líquida (net load) no

alimentador, tornando a curva de carga mais "flat" e tendendo a descaracterizar a curva do pato. Em cenários onde a penetração de FV e BESS está equilibrada (por exemplo, 50% FV e 50% home-BESS), a curva do pato é severamente descaracterizada. No entanto, o estudo também alerta para os desafios da sobreutilização dos BESS, como o aumento indesejado na demanda fora-ponta e o controle de tensão, observado quando a penetração de BESS supera a de FV, resultando em um aumento da carga líquida durante os períodos de carregamento das baterias [9]. Em última análise, o estudo oferece insights para que as concessionárias possam equilibrar a geração solar e o armazenamento, sugerindo que o incentivo à adoção de home-BESS pode promover as Non-Wire Alternatives (NWA), reduzindo custos de investimento e promovendo a sustentabilidade nas redes de distribuição [10].

Referências Bibliográficas:

- [1] SØRENSEN, B. *Renewable Energy: Physics, Engineering, Environmental Impacts, Economics and Planning*. 8. ed. Amsterdam: Academic Press, 2020.
- [2] LIMA, L. L. Impactos ambientais da geração de energia elétrica. *Estudos Avançados*, v. 33, n. 97, p. 183–206, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/vPxbFKL9Jwvg559c6gcZWp>. Acesso em: 20 jan. 2025.
- [3] BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). *Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD)*. Brasília: MME, 2015. Disponível em: <https://antigo.mme.gov.br>. Acesso em: 20 jan. 2025.
- [4] RIO DE JANEIRO (Município). PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. Rio é a primeira cidade da América Latina a utilizar energia renovável para abastecer unidades de saúde. 2025. Disponível em: <https://prefeitura.rio/fazenda/rio-e-a-primeira-cidade-da-america-latina-a-utilizar-energia-renovavel-para-abastecer-unidades-de-saude/>. Acesso em: 20 jan. 2025.
- [5] BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Danilo Cabral anuncia financiamento para parque de energia solar em Salgueiro (PE). 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/noticias/em-salgueiro-danilo-cabral-anuncia-financiamento-para-parque-de-energia-solar>. Acesso em: 20 jan. 2025.
- [6] BRASIL. PROGRAMA DE PARCERIAS DE INVESTIMENTOS (PPI). Visita técnica às usinas de autoprodução de energia da Compesa. 2024. Disponível em: <https://ppi.gov.br/ppi-faz-visita-tecnica-as-usinas-de-autoproducao-de-energia-da-companhia-pernambucana-de-saneamento-compesa/>. Acesso em: 20 jan. 2025.
- [7] OLIVEIRA SILVA, M. de; SOUZA, J. P. Economia financeira na conta de energia elétrica de imóveis residenciais com energia solar fotovoltaica em Gurupi, Tocantins. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 6, maio 2022.
- [8] ALAM, S. E.; SHUKLA, D. Optimal Regulation of Prosumers and Consumers in Smart Energy

Communities. [S. l.]: IEEE Xplore, [s. d.]. Disponível em:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9921890>. Acesso em: 20 jan. 2025.

[9] ALAHMED, A. S.; TONG, L. Integrating Distributed Energy Resources: Optimal Prosumer Decisions and Impacts of Net Metering Tariffs. [S. l.]: ACM Digital Library, [s. d.]. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3555006.3555008>. Acesso em: 20 jan. 2025.

[10] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Painel de dados de micro e minigeração distribuída (PDGD). Brasília: EPE, [s. d.]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/painel-de-dados-de-micro-e-minigeracao-distribuida-pdgd>. Acesso em: 20 jan. 2025.