



Universidade de Pernambuco (UPE)
Escola Politécnica de Pernambuco (POLI)
Instituto de Ciências Biológicas (ICB)

Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas

Proposta de Tese de Doutorado

Área: **Cibernética**

Linha de Pesquisa: **Sistemas Energéticos**

Título Provisório: **Desenvolvimento de um Modelo Padrão Computacional para Análise de Impacto da Inserção de Geração Distribuída e Sistemas de Armazenamento de Energia em Redes Elétricas Brasileiras**

Orientador: **Manoel Henrique da Nóbrega Marinho**

Co-orientador:

A rápida evolução da geração distribuída (GD) e dos sistemas de armazenamento de energia, como as baterias de grande escala (BESS), está transformando os paradigmas tradicionais das redes elétricas [1, 2]. Nos últimos cinco anos, o Brasil viu um notável crescimento na geração distribuída solar, com mais de 1,8 milhão de sistemas instalados até março de 2023. Isso se deve em grande parte às políticas de *net metering* implementadas desde 2012. Em maio de 2023, o país atingiu 29 GW de capacidade de energia solar, incluindo 8.624 MW de plantas de geração centralizada e 20.580 MW de mini e micro usinas de até 5 MW cada. Projetos de geração centralizada de 104,4 GW estão em construção, visando apoiar o mercado livre e a produção de hidrogênio verde. Porém, a disponibilidade limitada de conexões de rede é uma barreira para a geração centralizada e distribuída e o fim dos descontos nas tarifas incentivou uma corrida por conexões solares. Com essa massiva inserção, os problemas de rede passam a surgir de maneira mais recorrente, dando espaço para a adoção de sistemas de armazenamento de energia para aliviar os desafios de conexão limitada e melhorar a estabilidade elétrica do sistema [3, 4].

Neste contexto, esta proposta de doutorado foca no desenvolvimento de um modelo padrão computacional para analisar o impacto da inserção de geração distribuída e sistemas de armazenamento de energia por baterias (BESS) em redes elétricas brasileiras. A pesquisa objetiva criar uma ferramenta de modelagem flexível e intuitiva que permita avaliar rapidamente diferentes cenários e estratégias para a integração de tecnologias de geração e armazenamento de energia.

A metodologia incluirá o desenvolvimento de algoritmos avançados para simulação de redes elétricas. Serão considerados os estudos de sensibilidade de pontos de acoplamento comum (PCCs), incorporando a modelagem da integração de BESS e sua influência na qualidade, estabilidade e eficiência da rede elétrica [5]. O modelo computacional desenvolvido permitirá a simulação de variações na carga, impedância da rede, fator de potência dos GDs e a capacidade dos BESS. Utilizando uma abordagem avançada baseada em leis de Kirchhoff, lei de Ohm, matrizes de admitância e modelagem de correntes ideais para GDs, este projeto desenvolverá índices de sensibilidade mais robustos para avaliar variáveis chave da rede, como a tensão, impedância e fluxo de potência em cada PCC sob diferentes condições de operação [6, 7, 8]. Estes índices serão fundamentais para identificar pontos críticos na rede e avaliar a necessidade de reforços ou ajustes na infraestrutura existente. A pesquisa também considerará as implicações econômicas e regulatórias da implementação de GD e BESS nas redes elétricas brasileiras.



Universidade de Pernambuco (UPE)
Escola Politécnica de Pernambuco (POLI)
Instituto de Ciências Biológicas (ICB)

A principal hipótese a ser alcançada nesta tese é de um modelo validado utilizando dados reais de diferentes redes elétricas do país. O modelo será desenhado para receber dados específicos de redes elétricas, incluindo informações sobre a capacidade, demanda, topologia da rede e características da GD planejada.

Referências Bibliográficas:

- [1] O. B. Adewumi, G. Fotis, V. Vita, D. Nankoo e L. Ekonomou, “The Impact of Distributed Energy Storage on Distribution and Transmission Networks’ Power Quality,” *Applied Sciences*, vol. 12, nº 13, p. 6466, 2022.
- [2] K. Ndirangu, H. D. Tafti, J. E. Fletcher e G. Konstantinou, “Impact of Grid Voltage and Grid-Supporting Functions on Efficiency of Single-Phase Photovoltaic Inverters,” *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 12, nº 1, pp. 421-428, 2022.
- [3] U.S. Energy Information Administration (EIA), “Solar distributed generation capacity in Brazil is growing rapidly,” U.S. Energy Information Administration (EIA), 18 04 2023. [Online]. Available: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=56200>. [Acesso em 27 01 2024].
- [4] L. Neves, “Brazil surpasses 29 GW of installed PV capacity,” *PV magazine International*, 12 05 2023. [Online]. Available: <https://www.pv-magazine.com/2023/05/12/brazil-surpasses-29-gw-of-installed-pv-capacity/>. [Acesso em 27 01 2024].
- [5] M. C. C. Lima, *ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE INSERTION OF DISTRIBUTED GENERATION IN THE ELECTRIC GRID BASED ON IMPEDANCE, VOLTAGE AND POWER FACTOR*, João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2021.
- [6] J. Liu, M. Yang e T. Wang, “Impedance-Based Stability Analysis of Grid-Tied Photovoltaic System With Superconducting Magnetic Energy Storage System,” *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, vol. 31, nº 8, pp. 1-4, 2021.
- [7] A. Chupryn, S. Helm, I. Hauer e R. Benger, “Impact of Battery Energy Storage Systems with Power Electronic Interface at the Grid Connection Point,” *2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, pp. 1-5, 03 10 2022.
- [8] S. A. Saleh, E. Ozkop, M. E. Valdes, A. Yuksel, M. Haj-Ahmed, Z. G. Sanchez e C. S. Mardegan, “On the Factors Affecting Battery Unit Contributions to Fault Currents in Grid-Connected Battery Storage Systems,” *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 58, nº 3, pp. 3019-3028, 2022.