



MODELAGEM COMPUTACIONAL DA REDE ELÉTRICA PERNAMBUCANA PARA VIABILIZAR O ESTUDO DE MÁXIMA INJEÇÃO DE POTÊNCIA DE FONTES DE ENERGIA EÓLICA E SOLAR

Resumo: *Este artigo apresenta os resultados parciais de uma pesquisa que busca disponibilizar uma modelagem da rede elétrica pernambucana para emprego na realização de estudos de máxima injeção de potência de clusters híbridos de geração distribuída eólica e solar, além de abrir espaço para a condução de diversas outras linhas pesquisas referentes aos impactos decorrentes da penetração de geração distribuída na rede elétrica do Estado de Pernambuco.*

Palavras-chave: *Geração Híbrida. Simulação. ATPDraw. Rede Elétrica.*

1 INTRODUÇÃO

O Estado de Pernambuco dispõe de um potencial híbrido eólico – solar fortemente complementar (ATLAS, 2014). Em um ano típico eólico e solar pernambucano, estas duas fontes primárias energéticas complementam-se sugerindo que o emprego de clusters híbridos de geração, em que figurem aerogeradores e painéis fotovoltaicos na mesma planta podem apresentar um rendimento elevado. Os autores Vieira *et al* (2018) e Araújo e Marinho (2019) abordam particularidades sobre a presença das fontes eólica e solar no Brasil.

A análise da máxima injeção de potência desses clusters híbridos eólico-solares em pontos da rede elétrica pernambucana em que haja a convergência de máximas irradiação solar e velocidade média do vento é a estratégia energética adequada para abordar-se o problema e na pesquisa aqui apresentada a ferramenta computacional ATPDraw foi empregada para a modelagem da rede elétrica de sub-transmissão e de transmissão lotadas ou que cruzam o território do estado de Pernambuco.

Com a modelagem da rede elétrica pernambucana em ATPDraw, a realização de estudos de máxima injeção de potência são viabilizados e, com isso, é possível envolver os alunos de graduação do curso de Engenharia Eletrotécnica da Escola Politécnica (POLI) da Universidade de Pernambuco (UPE) na construção de conhecimentos no campo do planejamento eletroenergético, permitindo (a) o estudo dos pontos ótimos de instalação dos clusters híbridos no Estado de Pernambuco, (b) o mapeamento de pontos estratégicos de para a definição de linhas de pesquisas para atuação em programas de IC e P&D, além (c) da prestação de consultoria técnica, por meio de empresa júnior, referente à implantação da hibridização da geração distribuída em Pernambuco, tema muito aquecido nas análises energéticas de engenharia dos dias atuais.

Esta pesquisa apresenta resultados parciais associados ao projeto secundário que trata da modelagem da rede elétrica pernambucana na ferramenta ATPDraw. Neste sentido, buscou-se realizar estudos e modelagem das subestações, tal qual suas interligações e características das suas linhas de transmissão, definir os pontos para além da fronteira de Pernambuco - elaborando para esses os equivalentes de rede.



2 METODOLOGIA

Esta pesquisa possui uma natureza aplicada e trata de abordagens qualitativas utilizando-se de procedimentos experimentais e se propôs a modelar computacionalmente a rede elétrica pernambucana, enfatizando níveis de tensão a partir de 13,8 kV e acima (como 34,5 kV, 69 kV, 138 kV, 230 kV e 500 kV), englobando também, centrais de geração de energia que estão próximas a fronteira do Estado, como por exemplo a Usina de Paulo Afonso.

Em primeiro plano a pesquisa centrou seu foco na busca e delimitação geográfica do sistema elétrico pernambucano, empregando, para isso, mapas geoeletricos do ONS, CHESF e CELPE.

A ferramenta computacional ATPDraw foi utilizada para a construção desse sistema elétrico do Estado, com a licença estudantil da POLI/UPE. Essa ferramenta permite a simulação de grandes sistemas elétricos de potência, e é amplamente difundida do mercado e no ambiente acadêmico.

A metodologia da pesquisa engloba, também, a realização dos cálculos dos equivalentes de rede para os pontos do sistema que saem da fronteira de Pernambuco, baseando-se nas impedâncias harmônicas, visando conservar a reprodução de transitórios eletromagnéticos relevantes.

Ainda, foi realizada a solicitação ao ONS e a CHESF, através de ofícios da POLI/UPE, os *decks* da rede em formato ATP para que seja possível obter os valores de impedância das linhas de transmissão da rede elétrica do Estado, só assim possibilitando a realização e efetivação das simulações computacionais.

Por fim, a pesquisa prevê igualmente o planejamento de cenários e horizontes no modelo final, trazendo a perspectiva de trabalhar-se com subsistemas equivalentes buscando um menor tempo de execução, além de validar a montagem através das simulações no ATPDraw.

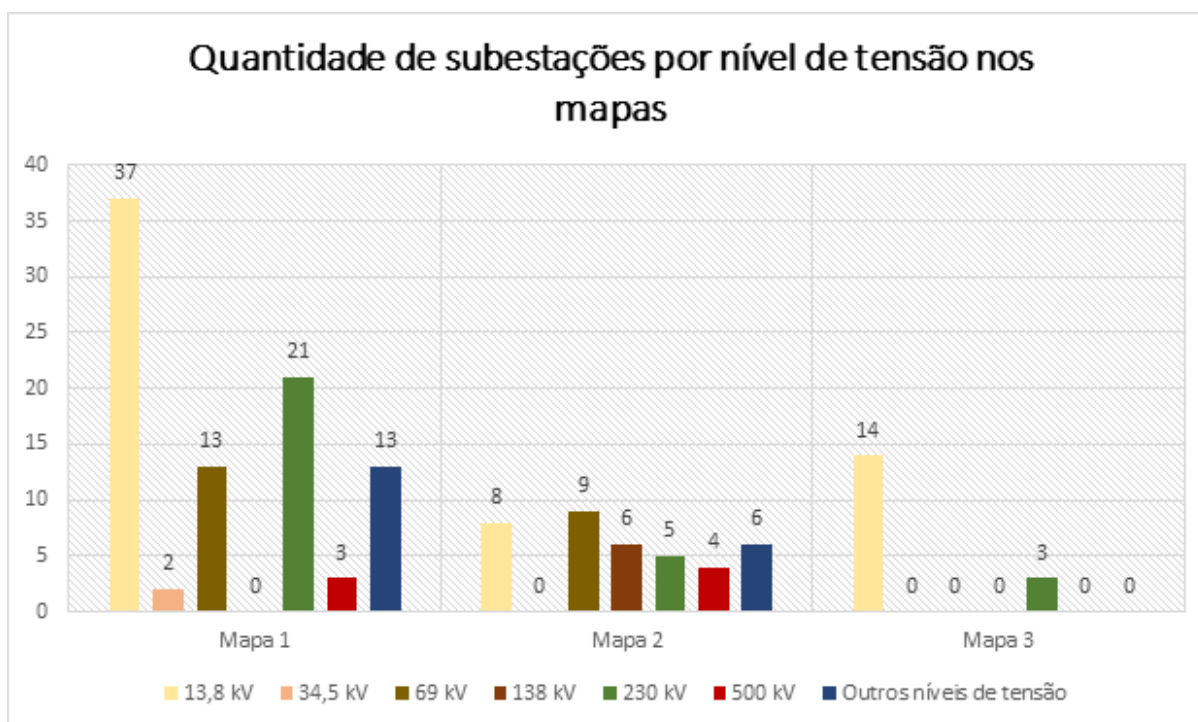
3 RESULTADOS

Em princípio foi feito um estudo sobre a rede elétrica de Pernambuco, identificando, pelo menos, mais de 100 barramentos presentes no estado, determinando em conjunto seus níveis de tensão, tipo de ligação com demais barramentos e localização na região pernambucana.

A rede elétrica pernambucana foi dividida em três mapas elétricos no formato ATP. A divisão usou como base os *decks* de ANAFAS, disponibilizados pelo sistema SINtegre do ONS. A divisão dos três mapas também visa uma maior praticidade e facilidade nas simulações pois os arquivos não terão alto nível de complexidade para a leitura feita pelo próprio sistema. O primeiro mapa possui como foco principal a Região Metropolitana do Recife, com poucas subestações de outras regiões presente. Já o segundo e terceiro mapa englobam, principalmente, a região do agreste e interior de Pernambuco.

A quantidade de subestações por mapas de acordo com os níveis de tensão pode ser encontradas no gráfico 1. O gráfico não inclui as subestações de outros estados.

Gráfico 1 – Quantidade de subestações por nível de tensão nos mapas de simulação



Como pode-se observar no gráfico, o mapa 1 concentra a maior quantidade de subestações do estado pois ele engloba a Região Metropolitana do Recife. Na categoria de ‘outros níveis de tensão’ é possível encontrar barramentos de 0,22 kV, 0,44 kV, 6,9 kV, 16,0 kV, 18 kV e 23 kV, que estão geralmente relacionados a pequenas distribuições locais ou pontos de geração de energia.

Além disso, foram identificados todos os pontos de equivalentes de rede em cada mapa com o cruzamento das informações das bases do ANAREDE e ANAFAS. Serão feitos os cálculos desses equivalentes de rede para o funcionamento da simulação do sistema. Os pontos foram divididos em três categorias: O ponto vai para outro mapa ainda dentro do estado de Pernambuco; O ponto cruza a fronteira de Pernambuco; E o ponto segue para uma usina de geração próxima da fronteira do estado. A quantidade de equivalentes por mapa e seus respectivos tipos pode ser encontrada na tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de pontos equivalentes de rede e seus tipos.

Descrição	O ponto vai para outro mapa ainda dentro do estado de Pernambuco	O ponto cruza a fronteira de Pernambuco	O ponto segue para uma usina de geração próxima da fronteira do estado
Mapa 1	5	7	0
Mapa 2	4	11	5
Mapa 3	2	0	0

Fonte: Autores (2020)

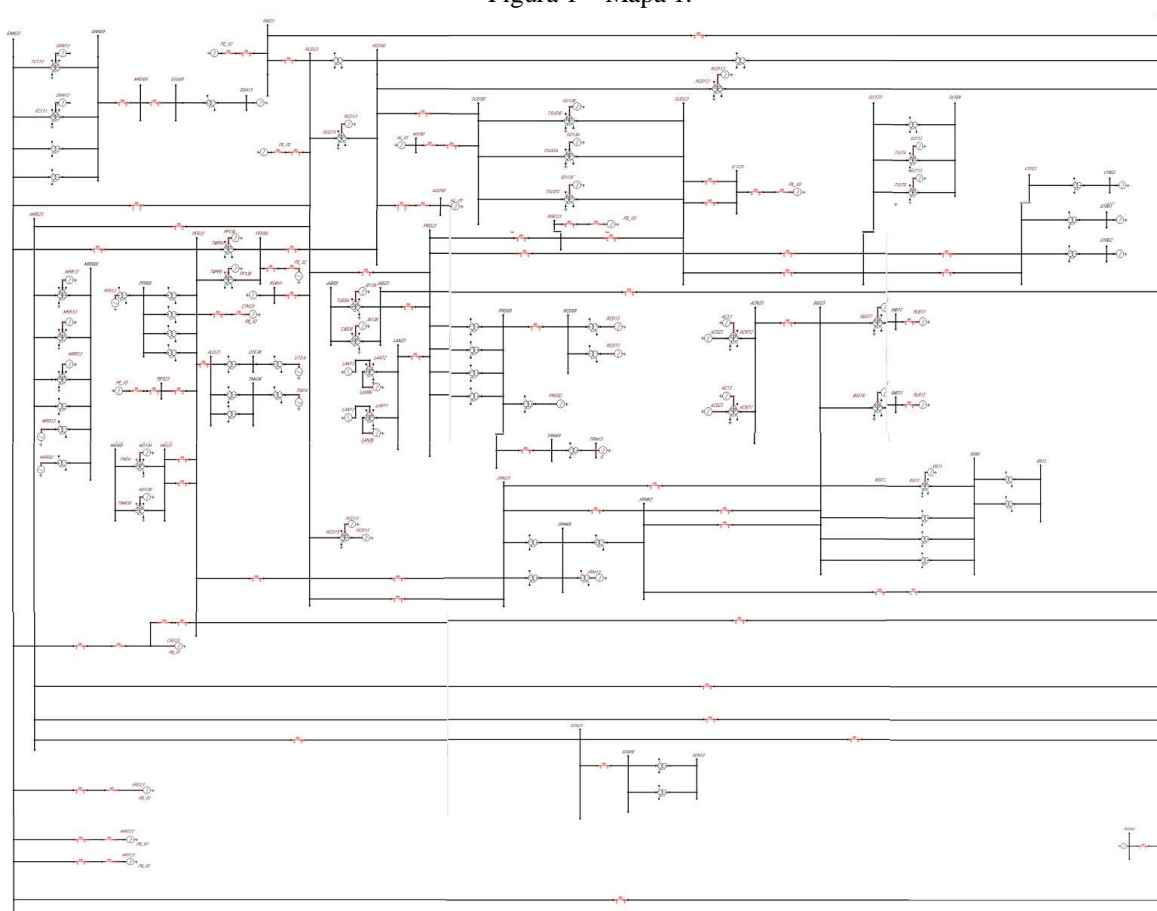
Para os equivalentes de rede que cruzam a fronteira do estado: O mapa 1 mostra que 5 vão para a Paraíba e 2 para Alagoas; O mapa 2 tem que 2 vão para Alagoas, 1 vai para o Rio Grande do Norte, 2 seguem para a Paraíba, 4 vão para a Bahia e 2 seguem para o Ceará; E o

mapa 3 não apresenta nenhum equivalente que cruze a fronteira do estado. E para os pontos que vão para usinas de geração - presentes apenas no mapa 2 - 3 seguem para barramentos da Usina de Paulo Afonso, 1 segue para a Usina de Xingó, e 1 segue para Sobradinho.

Até o presente momento, a montagem dos três mapas no ATPDraw foi concluída. Através de ofício solicitou-se ao ONS e à CHESF os decks da rede elétrica em formato ATP para que seja possível o detalhamento das impedâncias das linhas e consequentemente a possibilidade de simulação do sistema. A CHESF concordou com o fornecimento desses dados, e atualmente aguarda-se apenas o seu retorno. Referente ao ONS, os autores aguardam a deliberação desse órgão para o fornecimento de insumos para a modelagem em assunto.

Por fim, para exemplificação do que está sendo feito, a imagem do mapa 1 montado pode ser encontrada na figura 1 a seguir.

Figura 1 – Mapa 1.



Fonte: Autores (2020)

Ressalta-se que como a pesquisa ainda encontra-se em andamento, mudanças podem ocorrer nas montagens e simulações a partir do momento que obtemos acesso a novas informações.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS



Realizar a modelagem do sistema elétrico de potência de um estado possui inúmeros benefícios. Um dos principais - e foco deste artigo - é facilitar o ambiente para o estudo de novas fontes de energia solar e eólica e sua inserção na rede elétrica local. Este horizonte permite prever condições de funcionamento, desde a inserção, até o funcionamento e possíveis falhas.

A facilitação desse estudo abre portas para projetos de incentivo ao uso de fontes limpas e renováveis, aproveitando o grande potencial solar e eólico do estado, tal qual, ainda, trazendo a oportunidade de pessoas de baixa renda e do interior do estado serem beneficiadas com a energia elétrica através de ações sociais.

Além disso, o uso de simulações computacionais para o Sistema Elétrico de potência pode ter grande valor dentro de empresas, laboratórios de pesquisa, e sala de aula para aprendizado dos alunos.

Agradecimentos

Agradeço à UPE e ao CNPq pelo suporte e incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Pedro Henrique Meira; MARINHO. Manoel Henrique N. **Analysis of Hydro-Wind Complementarity in State of Pernambuco, Brazil by means of Weibull Parameters**. IEEE Latin America Transactions, vol. 17, no. 4, pp. 556-563, Abril 2019.

ATLAS. **Potencial Híbrido Eólico e Solar de Pernambuco**. 2014. Disponível em: <http://www.atlaseolicosolar.pe.gov.br/chapter/hibrido.html>. Acesso em: 23 abr. 2019.

MME. **Portaria n.151 de 1 de Março de 2019**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2019.

VIEIRA, Caio Ribeiro et al. **Analysis of the impacts of the photovoltaic solar generation in the electrical system of distribution**. Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE), Niterói, 2018, pp. 1-6.

COMPUTATIONAL MODELING OF THE PERNAMBUCAN ELECTRIC NETWORK TO ENABLE THE STUDY OF MAXIMUM POWER INJECTION FROM WIND AND SOLAR ENERGY SOURCES

Abstract: *This document presents detailed instructions... The present work shows the intermediate results of a research that aims providing a modeling of the pernambucan electric grid to help on electrical studies of maximum active power injection of hybrid clusters of wind and solar distributed generation. Additionally, the authors hope opening space for the realization of different kind of research strategies related to the impacts of penetration of distributed generation in the electric grid of the State of Pernambuco.*

Keywords: *Hybrid generation. Computer Simulation. ATPDraw. Electrical network.*