7. Conclusões

Esta tese apresentou uma proposta de modelagem combinada dos modelos autorregressivos periódicos de ordem p com uma recente abordagem em estatística: Singular Spectrum Analysis (SSA). Na ocasião foi aplicada a abordagem univariada de SSA e a sua versão multivariada (MSSA). Também nesta tese foi introduzida uma metodologia de estimação do parâmetro de defasagem SSA: comprimento de janela L .

Para escolher o valor de L foi utilizado o teste BDS na série de ruídos obtida na fase de agrupamento SSA. O valor de L foi testado a partir do valor mediano da série definido por $(T + 1)/2$ ou $T/2$, reduzindo em uma unidade até que a hipótese de independência do teste BDS não fosse rejeitada em nenhuma das dimensões avaliadas. Com o valor de L definido, procedeu-se com a filtragem SSA e MSSA para que a nova série filtrada fosse modelada via $PAR(p)$. A filtragem da série via SSA e MSSA procedeu-se removendo a componente ruidosa dentre as três componentes obtidas na fase de agrupamento SSA. Após esta separação, a correlação ponderada foi aplicada nas componentes a fim de se observar a boa separabilidade entre elas. A modelagem $PAR(p)$ foi então feita com as séries sem e com a filtragem SSA/MSSA e os cenários sintéticos foram gerados.

Na primeira aplicação, foram utilizadas as séries de ENA dos quatro subsistemas interligados no SIN. Neste caso, foi feita a filtragem MSSA nas quatro séries simultaneamente e utilizou-se da análise gráfica dos vetores singulares para determinar os vetores em cada componente. A modelagem $PAR(p)$ foi então aplicada nas séries originais e nas séries filtradas MSSA/SSA. As análises de desempenho através da medida erro MAPE mostram que nos subsistemas SE e S a modelagem $PAR(p)$ – MSSA se mostrou mais eficiente em todos os meses e nos subsistemas N e NE, esta eficiência foi verificada na maioria dos meses observados. A abordagem $PAR(p)$ – MSSA também foi comparada a uma abordagem recente usando encolhimento Wavelet antes da modelagem $PAR(p)$ em um período dois anos a menos do que o usado para a abordagem proposta nesta tese (SOUZA, 2013). Na ocasião, o desempenho da abordagem $PAR(p)$ – MSSA também foi melhor na maioria dos meses, pois obteve menores valores de MAPE.

Com o objetivo de avaliar a capacidade dos cenários de gerados de reproduzirem as médias históricas, foram aplicados diversos testes sobre os 5.000 cenários de 60 observações gerados através da modelagem PAR(p) e da modelagem PAR(p) – MSSA. Nas avaliações de desempenho dos cenários gerados, foram feitas análises gráficas das médias dos cenários e das médias históricas dos quatro subsistemas e análise gráficas dos desvios-padrão dos cenários gerados e desvios-padrão histórico. Na ocasião dos desvios-padrão dos cenários gerados via PAR(p) – MSSA foi necessária a inclusão dos resíduos removidos na filtragem MSSA. Os resultados mostraram que, embora a abordagem com a filtragem tenha reproduzido as médias, o mesmo não aconteceu com os desvios-padrão. Em relação aos testes de igualdade da média e da variância, os resultados mostram que o modelo PAR(p) obteve um desempenho melhor que o modelo PAR(p) – MSSA. Os percentuais de não rejeição da hipótese de igualdade em ambos os testes foram maiores no modelo sem a filtragem embora isso não signifique que o modelo com a filtragem não tenha tal capacidade, mas que ela é menor que o modelo com a série original. Em relação aos testes de sequências negativas, estes mostram que os cenários gerados pelo modelo sem a filtragem MSSA só não é capaz de reproduzir a variável intensidade no subsistema Sul, enquanto os cenários com a filtragem não conseguem reproduzir os períodos críticos de seca dos subsistemas Nordeste e Sul.

Em um segundo momento desta aplicação, observando detalhes sobre o comportamento diferenciado do subsistema Sul em relação aos demais, foi feita uma nova aplicação considerando a filtragem deste subsistema via SSA separadamente dos outros subsistemas e assim foi proposta uma nova abordagem PAR(p) – MSSA/SSA, que considera a filtragem MSSA para os subsistemas Norte, Nordeste e Sudeste/Centro-Oeste e a filtragem SSA para o subsistema Sul. A partir desta nova abordagem, os resultados obtidos mostram uma melhora no desempenho dos modelos e os cenários serem capazes de reproduzir a série histórica.

Em uma segunda aplicação, utilizou-se duas séries de velocidade do vento localizadas em duas estações anemométricas localizadas no Nordeste do Brasil. Foi aplicada a filtragem SSA nas duas séries separadamente e a filtragem MSSA das duas simultaneamente. Em todas as filtrações, foi utilizada a abordagem de análise gráfica dos vetores singulares, que vem obtendo melhores resultados na literatura. Após a filtragem, as séries originais e filtradas via SSA e MSSA foram modeladas via PAR(p). As análises das medidas de erro MAPE e RMSE dentro da amostra atestam que o desempenho do modelo é melhor quando aplicada a filtragem. Na ocasião, o modelo

PAR(p) – MSSA se mostrou mais eficiente que o modelo PAR(p) – SSA e este, mais eficiente que o modelo PAR(p) com a série original. Após estas análises, os cenários foram gerados e verificou-se que os modelos com as séries filtradas conseguem reproduzir as séries históricas, confirmando a adequação do modelo proposto em séries de velocidade do vento.

Pode-se então concluir que a abordagem utilizada nesta tese, de filtrar as séries de ENA através de MSSA seguida da modelagem PAR(p), até então não explorada, bem como o uso da mesma abordagem PAR(p) – MSSA e PAR(p) – SSA em séries de velocidade do vento associado à metodologia inovadora de escolha do comprimento de janela SSA, também inéditas na literatura, obteve resultados que, em sua maioria analisada, são bons e que auxiliam no planejamento do sistema elétrico brasileiro. Os resultados apresentados também indicam a possibilidade de aplicação do modelo PAR(p) aos dados eólicos, o que é muito interessante, pois é a mesma abordagem da modelagem de ENA no modelo Newave (CEPEL, 2000).

Como trabalhos futuros, esta tese deixa espaços para:

- Aplicação da metodologia proposta em séries de demanda.
- Previsão por meio da SSA sem o uso do modelo PAR(p) e também o *Bootstrap* dos ruídos da SSA.