

7. Conclusões e Considerações Finais

As motivações que levaram ao desenvolvimento desta Tese estão relacionadas às pesquisas referentes ao planejamento de médio prazo da operação do despacho hidrotérmico do SEB. Este sistema foi amplamente caracterizado, sobretudo no que tange à vertente estocástica do problema. Mostrou-se, de forma analítica, a importância da estrutura do modelo estocástico linear, $PAR(p)$, no cálculo das Funções de Custo Futuro, realizado pela técnica de PDDE.

O modelo $PAR(p)$ foi detalhadamente demonstrado e a estrutura utilizada no processo de simulação de séries sintéticas do modelo vigente no SEB, via distribuição Lognormal, mostrou gerar uma não linearidade na equação do modelo, o que poderia ocasionar inconvenientes de não convexidade no cálculo da FCF, um poliedro convexo aproximado por uma função linear por partes.

Haja vista o exposto e as características do modelo estocástico gerador da árvore de cenários e sua utilização em modelos de otimização, este trabalho se propôs a desenvolver uma metodologia alternativa para a construção dos cenários, de forma que os inconvenientes supracitados fossem eliminados. Assim, foi proposta uma nova abordagem geral para a construção das árvores, considerando os passos *Forward* e *Backward*, fundamentais no processo de otimização empregado pela técnica de PDDE.

A estrutura de simulação estocástica desenvolvida conjugou a técnica de computação intensiva de *Bootstrap* e o método de simulação de Monte Carlo. Foram gerados cenários de ENA com horizonte temporal condizente com o planejamento de médio prazo do despacho hidrotérmico. A técnica de *Bootstrap* foi empregada no passo *Forward* através da utilização dos próprios resíduos do modelo $PAR(p)$ na construção dos caminhos da árvore. No caso da recursão *Backward*, a distribuição de probabilidade dos referidos resíduos de cada período foi empregada nas simulações. Destaca-se que no estudo de caso considerado, adotou-se a distribuição Generalizada de Valores Extremos para todos os períodos

de todos os subsistemas, haja vista as características de assimetria das séries de ENA, refletidas nos resíduos do modelo.

Os cenários de ENA dos passos *Forward* e *Backward* foram comparados às séries históricas originais por meio de uma bateria de testes estatísticos e a aderência das séries geradas foi atestada, provando a adequabilidade do modelo desenvolvido no que tange à parte estocástica do problema.

Por fim, os caminhos das árvores de ENA foram aplicados na PDDE e variáveis de resposta como: Custo Total, Custo Marginal de Operação, Geração Hidráulica e Térmica, Déficit de Energia e Energia Armazenada Final foram analisadas, comparando o modelo proposto com o vigente. Sob a ótica do SIN, para o PMO considerado, foi mostrado que a abordagem desenvolvida nesta Tese mostrou-se mais econômica e com menor Déficit de Energia, embora com menor valor de Energia Armazenada Final. Com relação às análises por subsistema, foram apresentados gráficos e avaliações comparativas e individuais e foi possível concluir que o modelo desenvolvido foi perfeitamente capaz de reproduzir estruturas compatíveis com o modelo vigente, contudo sem causar a referida não linearidade na equação do $PAR(p)$ e a possível não convexidade nas Funções de Custo Futuro.

Como forma de sintetizar as contribuições desta Tese, a Figura 7.1 apresenta, em vermelho, os pontos de avanço na metodologia. Estes referem-se à fase de simulação dos caminhos das árvores de cenários, que consideram diferentes estruturas de resíduos/ruídos para as recursões *Forward* e *Backward*, a partir das técnicas de *Bootstrap* e Monte Carlo, evitando a não linearidade da equação de simulação e não convexidade do problema de otimização associado ao planejamento de operação de médio/longo prazo.

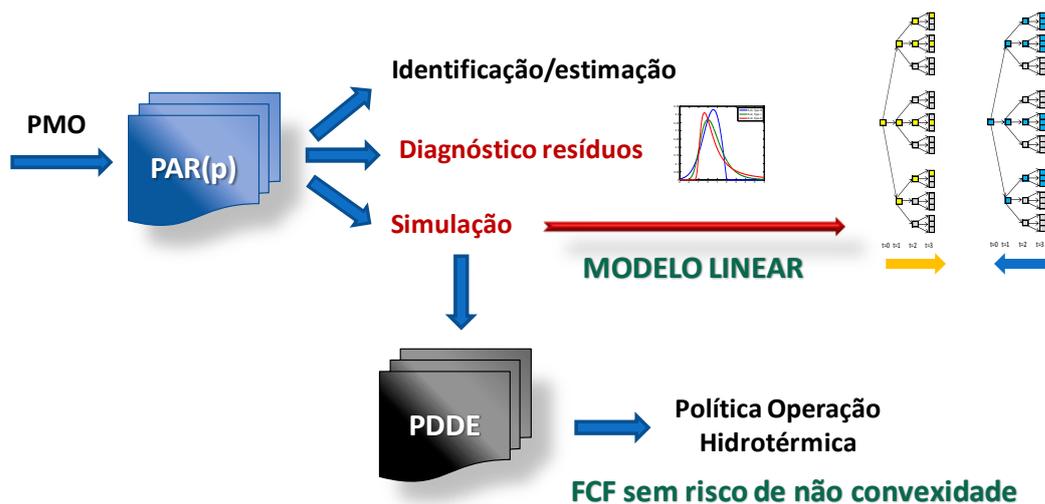


Figura 7.1 – Contribuição da Tese

Como possíveis extensões deste trabalho, destacam-se:

- (i) Geração de árvores de cenários, e aplicação da PDDE, a partir de outros tipos e classes de séries temporais, uma vez que trata-se de uma metodologia genérica.
- (ii) Incorporação de variáveis climáticas de maneira exógena no modelo PAR(p) com vistas à verificação da influência de fenômenos climáticos como *El Niño*, *La Niña* e Manchas Solares no regime de vazões.
- (iii) Desenvolvimento de um índice global de “qualidade” e aderência da árvore de cenários a partir de ferramentas de Análise e Otimização Multicritério, por exemplo.
- (iv) Investigação aprofundada acerca do processo de convergência da PDDE via *Zinf* e *Zsup*.
- (v) Desenvolvimento de prova estatística teórica acerca das regiões do espaço de probabilidades visitadas pelas recursões *Forward* e *Backward*.