

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

9.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nesta tese foi investigada a possibilidade de estabelecimento de estratégias ótimas de oferta de preços no mercado de curto prazo em sistemas com predominância hidrelétrica, sendo que só é possível estabelecer estratégias ótimas em mercados onde a competição não é perfeita, ou seja, onde há presença de poder de mercado. Em mercados onde há competição perfeita não há margem para os agentes maximizarem seus lucros através de comportamento não competitivo.

Nas análises foi dada ênfase ao sistema brasileiro, tendo sido avaliados o poder de mercado e o estabelecimento de estratégias ótimas nos dois possíveis esquemas de formação de preço utilizados em sistemas com predominância hidrelétrica. O atualmente utilizado no Brasil, denominado *tight pool*, em que preços e despachos são determinados centralizadamente através de modelos computacionais de otimização, e onde apenas os geradores termelétricos podem fazer ofertas de preços, e em um possível esquema geral de oferta, onde os geradores hidrelétricos também ofertam preços.

No Capítulo 1 foi apresentada a conceituação do problema de estabelecimento de estratégia ótima de oferta de preços e poder de mercado em um mercado competitivo de energia elétrica, em conjunto com a revisão bibliográfica. Os principais conceitos relacionados ao planejamento da operação e a formação de preço em um mercado competitivo de energia elétrica foram apresentados no Capítulo 2. No Capítulo 3 foram apresentados os conceitos básicos de Programação Dinâmica Estocástica utilizados na solução do problema de programação da operação em sistema hidrotérmicos. Já no Capítulo 4 foi apresentado um resumo do processo atual de despacho e formação de preços no mercado de energia elétrica brasileiro, que é baseado em um esquema centralizado com despacho e preços determinados através de modelos computacionais de otimização, e também uma possível alternativa de mudança para um esquema de despacho e formação de preços baseado em ofertas. Como a teoria dos jogos é

instrumento natural para a avaliação do potencial de poder de mercado em um mercado competitivo, um resumo de seus conceitos básicos foi apresentado no Capítulo 5. Neste capítulo também foi apresentado um conjunto de medidas de concentração de mercado também utilizadas em avaliações de poder de mercado. No Capítulo 6 foi apresentada a formulação do problema de estabelecimento de estratégias de oferta ótimas de preços em mercados competitivos de energia elétrica. Avaliações do potencial de poder de mercado no sistema brasileiro são apresentadas no Capítulo 7. Os resultados da aplicação da metodologia para o estabelecimento de estratégias ótimas de oferta, detalhada no Capítulo 6, são apresentados no Capítulo 8.

9.2 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES E CONCLUSÕES

A principal contribuição desta tese foi apresentar uma formulação para o problema de estabelecimento de estratégias de oferta ótima de preços em mercados competitivos de energia elétrica com predominância hidrelétrica. A formulação do problema foi apresentada tanto para mercados em que o esquema de formação de preços e despacho é baseado no *tight pool*, onde apenas geradores termelétricos fazem ofertas, quanto para mercados que utilizam esquemas gerais de ofertas de preços, onde geradores hidrelétricos também fazem ofertas de preços.

Apesar de ter sido aplicada considerando as regras de contabilização do sistema brasileiro, a formulação aqui apresentada é geral, podendo ser estendida para qualquer mercado spot de energia elétrica baseado em ofertas para o dia seguinte.

Um ponto fundamental da formulação refere-se à modelagem das incertezas no momento que os geradores fazem suas ofertas: as ofertas dos agentes competidores, a carga e a disponibilidade de geração no dia seguinte. Em função destas incertezas, o problema de estabelecimento de estratégias ótimas se configura em um problema de decisão sob incertezas. O tratamento adotado aqui consistiu em utilizar o conceito de maximização de uma função utilidade, que represente o perfil de aversão a risco do agente no momento em que faz a sua oferta.

Um ponto crítico da formulação foi a modelagem do comportamento de ofertas dos agentes competidores. Dois tratamentos são encontrados na literatura para a representação do processo de oferta dos agentes competidores. O primeiro é baseado nos conceitos de teoria dos jogos, e o segundo consiste em modelar o comportamento probabilístico de oferta dos agentes. O primeiro foi descartado uma vez que no curto prazo dificilmente os agentes conseguiriam atingir o equilíbrio, sendo esta conclusão uma contribuição adicional desta tese. Desta forma, o tratamento adotado foi baseado em uma modelagem probabilística, mas utilizando distribuições de probabilidade equivalentes a funções de pertinência típicas de uma representação *fuzzy*. Isto foi feito em função da inexistência de dados que permitissem o ajuste de distribuições de probabilidade clássicas.

Tomando por base a formulação apresentada, outra contribuição desta tese foi a avaliação detalhada da possibilidade de utilização de ofertas estratégicas de preços no mercado brasileiro, e conseqüentemente do poder de mercado. Os resultados aqui apresentados poderão ser muito úteis para o órgão regulador, e para qualquer estudo que busque identificar mecanismos para mitigar poder de mercado no sistema brasileiro. Isto será ainda mais importante se em algum momento no futuro vier a ser adotado um esquema geral de oferta de preços no Brasil.

Entre as principais conclusões obtidas a partir das simulações realizadas para o sistema brasileiro pode-se citar:

- Em um esquema de *tight pool* para um sistema com predominância hidrelétrica, mesmo em situações hidrológicas críticas, não há espaço para o estabelecimento de ofertas estratégicas de preço por parte dos geradores termelétricos. Desta forma, a estratégia ótima para todos os geradores termelétricos é ofertar preços iguais a seus custos variáveis de operação.
- No caso da utilização de um esquema geral de ofertas de preços, os resultados mostraram que principalmente no Subsistema NE, em função da concentração de geração em uma única empresa, a poder de mercado é bastante significativo, sendo a oferta ótima de certos geradores hidrelétricos bastante

maiores que os valores da água calculados pelos modelos de otimização utilizados no *tight pool*.

- Ainda no esquema geral de ofertas de preços, foi identificada uma outra forma de poder de mercado, associada à possibilidade de geradores hidrelétricos tentarem maximizar a sua receita imediata, independentemente, das conseqüências futuras de suas decisões. Este tipo de comportamento pode levar a situações críticas de suprimento, estando esta forma de poder de mercado presente em todos os subsistemas.
- Em função dos riscos para a confiabilidade do sistema, como o sistema elétrico brasileiro é, e continuará sendo, de base hidráulica, não é aconselhável a adoção de um esquema de oferta de preços até que sejam adotados mecanismos eficientes de mitigação de poder de mercado, principalmente, no que se refere à concentração de geração em poucas empresas. Para que este esquema viesse a ser adotado seria fundamental a cisão e a privatização das empresas geradoras sob controle do estado, o que não é viável no curto prazo.

Finalmente, apesar de não estarem previstas mudanças significativas no processo de formação de preço e despacho, se com a definição do novo modelo para o setor elétrico, atualmente em discussão, este processo for alterado, será necessária uma reavaliação da possibilidade do estabelecimento de estratégias ótimas e de poder de mercado para a nova condição do sistema brasileiro. Muitos dos conceitos apresentados aqui poderão ser utilizados também para avaliações no que se refere à interface entre o mercado de livre contratação e o pool, como a princípio previsto no novo modelo.

9.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir desta tese é possível enumerar um conjunto de novos desenvolvimentos teóricos e práticos que podem vir a resultar em diversos trabalhos futuros, dentre os quais, os seguintes, podem ser destacados:

- Desenvolvimento de estratégias de mitigação de poder de mercado em sistemas com predominância hidrelétrica, especialmente em sistemas que utilizem esquemas gerais de oferta de preços.
- Avaliação do impacto da utilização de mecanismo de aversão a risco de racionamento no poder de mercado dos geradores. A utilização de mecanismos tipo curvas de armazenamento de segurança podem vir a aumentar significativamente o poder de mercado dos geradores termelétricos.
- Avaliação dos impactos do problema de *unit commitment* (custos e restrições de partida e parada) no poder de mercado, e conseqüentemente no estabelecimento de estratégias ótimas para geradores hidrelétricos e termelétricos.
- A partir do momento em que existirem dados históricos de ofertas disponíveis, aprofundamento da representação do comportamento de ofertas dos competidores no estabelecimento de estratégias ótimas.
- Avaliação do impacto de restrições elétricas e de confiabilidade no poder de mercado dos geradores. Isto é particularmente importante no sistema brasileiro devido aos longos troncos de transmissão.