

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho se concentra na atuação de agentes hidrelétricos *price-takers* em mercados competitivos de curto prazo (Nord Pool), que envolve tarefas diárias de definir os lances de preço/quantidade para o leilão de compra e venda de energia no mercado *spot*, operar suas unidades a fim de atender às obrigações de geração obtidas dos resultados dos leilões, e realizar ajustes nas ofertas e programas de operação através dos mercados Elbas, o que os permite adequar suas estratégias às novas informações obtidas até a hora em que a energia é fisicamente gerada e entregue.

Para isso foi desenvolvido um modelo de programação estocástico para otimizar a estratégia de oferta de um agente, levando-se em conta a possibilidade de atuação transacionar energia no mercado Elbas, as incertezas nos preços do mercado spot e Elbas, e seus diferentes perfis de risco. A função objetivo do modelo maximiza uma combinação convexa entre o valor esperado e o CVaR da renda líquida, dependendo do nível de aversão a risco do agente. Ferramentas para geração de cenários de preços foram estudadas e usadas para gerar *inputs* para o modelo.

Ao modelo, que representa de forma detalhada as características operativas das usinas, foi aplicada a técnica de decomposição de Benders, para permitir que instâncias maiores, e que representam melhor a realidade, possam ser testadas. A decomposição de Benders Multicut, pela característica do problema, teve uma performance melhor, usufruindo do fato de no segundo estágio o problema decorrente de cada cenário possa ser resolvido individualmente e em seqüência, sem a necessidade de uma grande capacidade de memória do computador.

Com o modelo desenvolvido estudou-se a atuação dos agentes no mercado Elbas sob dois pontos de vista distintos: sob a ótica dos agentes geradores, onde é feita uma análise da importância para suas estratégias de se poder transacionar energia neste mercado Elbas; e sob a ótica do regulador, no qual o objetivo é investigar até que ponto atuar no mercado Elbas traz incentivos aos agentes em deixar de ofertar energia no mercado *spot* para tentar obter rendas maiores com

transações no mercado Elbas. A função do mercado Elbas é permitir que os agentes realizem ajustes em suas gerações que venham a ser necessários para tornarem seus planos de operação adequados às suas estratégias, e não servir como mais uma ferramenta de especulação.

Todos estes efeitos foram analisados para diferentes perfis de risco dos agentes e diferentes condições de mercado, ou seja, para diferentes níveis volatilidades dos preços praticados no mercado Elbas e diferentes valores (ou custos de oportunidade) da água armazenada nos reservatórios.

De forma geral, quanto mais avesso a risco é o agente, menos ele é disposto a transacionar sua energia no Elbas, fazendo os resultados de Equivalente Certo serem parecidos com os dos casos em que não se considera o mercado Elbas, ou seja, em que a estratégia do agente é moldada para sua atuação apenas no mercado *spot*.

Como foi mostrado, os preços no mercado Elbas, pela própria sistemática de funcionamento, são mais voláteis que os preços *spot*, o que atrai mais agentes menos avessos a risco, que vêm nele uma chance de aproveitar esta volatilidade para obtenção de receitas maiores.

Sob a ótica do agente, o trabalho mostrou que há um incentivo para o agente neutro a risco especular no mercado Elbas e tentar usufruir de possíveis preços mais altos que os praticados no *spot*. O valor do mercado Elbas, conforme introduzido na seção 6.4, chega a ser um pouco maior de 7% em um caso com alta volatilidade e baixos valores da água. Porém, os resultados mostram que quanto maior é o nível de aversão a risco menor é o valor do mercado Elbas, e que com isso, mesmo para os casos com alta volatilidade nos preços, o valor do Elbas não passa de 2% de seu Equivalente Certo.

Sob a ótica do regulador, os resultados mostram que o agente menos avesso a risco muda sua forma de atuar quando tem a possibilidade de atuar no mercado Elbas, e, dependendo das condições de mercado, opta por deslocar parte de sua energia do mercado *spot* para o Elbas, principalmente quando os preços estão mais voláteis, mostrando seu apetite por ganhos maiores independentemente do risco associado às suas decisões.

Isso faz com que o volume de energia transacionado no Elbas varie muito dependendo do nível de aversão a risco do agente. O agente avesso a risco opta por transacionar menos energia no Elbas, principalmente em períodos mais

voláteis, evitando com isso os piores cenários e fazendo com que o valor do CVaR resultante seja maior. O volume transacionado pelo agente avesso a risco no Elbas é próximo de zero, independente da conjuntura do mercado, o que faz com que sua renda líquida total varie pouco nas diferentes conjunturas de mercado.

Finalmente, considerando que normalmente empresas de energia são avessas a risco, o modelo de ajustes através do mercado Elbas se mostra adequado, sem a necessidade de interferência do regulador para fazer com que naturalmente o mercado Elbas cumpra o seu papel.

Apesar disso, um constante monitoramento deve ser feito pelo regulador, principalmente em mercados em que grandes agentes possam vir a ter poder de mercado para, com suas estratégias, interferir nos preços spot e preços do mercado de ajustes, forçando escassez ou sobras para maximizar seus lucros.

Trabalhos futuros envolvem implementar uma formulação multi-estágio ao problema, com uma possível representação de estocasticidade nas vazões afluentes, e a inclusão dos aspectos operativos de usinas termelétricas. Além disso, um estudo considerando a atuação de agentes *price-makers* é indicado para investigar se mercados de ajustes são mais uma fonte de poder de mercado, o que representaria mais um problema a ser monitorado pelo regulador.