

## 6

### Conclusões e Propostas para Trabalhos Futuros

Essa dissertação apresentou um modelo de avaliação de um portfólio de contratos de compra e venda de energia elétrica, incorporando as flexibilidades inerentes a atividade de comercialização, de forma a quantificar os riscos associados a esta atividade e o valor adicionado ao portfólio por estas flexibilidades.

No capítulo 2 foi discutido o modelo de comercialização vigente com a nova estrutura do setor elétrico brasileiro e o mercado livre de energia em outros países. Foi mostrado que, com a liberdade de negociação permitida pelo segmento de comercialização de energia no Ambiente de Contratação Livre, os contratos de compra e venda de energia elétrica passaram a adaptar-se as necessidades de mercado com a incorporação de flexibilidades que viessem a atender as incertezas com relação à demanda por energia elétrica e principalmente com relação ao preço. Foram apresentados o processo de formação e algumas características do PLD e dos preços praticados no ambiente de livre negociação.

Finalmente, o capítulo discutiu a avaliação de portfólios de contratos por agentes comercializadores e algumas questões sobre gerenciamento de risco enfrentadas por estas empresas. Existem vários riscos inerentes à atividade de comercialização de energia elétrica podendo estes ocorrerem em períodos de grande volatilidade de preços, o que pode trazer exposições elevadas para um portfólio. Neste trabalho, foram avaliados os riscos estatísticos, ou seja, aqueles que podem ser medidos através de dados conhecidos. Devido às características singulares do setor elétrico brasileiro, o gerenciamento de risco é um grande desafio para os próximos anos.

No capítulo 3 foram destacados os principais conceitos da teoria financeira aplicados nesta dissertação e em particular as métricas utilizadas para avaliação de risco: o Value at Risk e o Conditional Value at Risk.

A prática da gestão de risco mostrou que considerar o primeiro e segundo momento da distribuição de probabilidade do retorno de uma carteira como medida de risco era insatisfatório, na medida em que não permite identificar anomalias ou mesmo a extensão de possíveis perdas com uma dada carteira. Desta forma, nenhuma metodologia de avaliação de risco de mercado mudaria tanto os conceitos de gestão de carteiras como o VaR. A maior vantagem do uso do VaR está no fato de este resumir em um único número a exposição total ao risco de mercado.

Foi apresentado, que embora o VaR seja uma medida de risco largamente aceita e utilizada, seu uso tem sofrido críticas por parte da comunidade acadêmica pelo fato de ser uma medida de risco que não fornece nenhuma informação a respeito das perdas que o excede, as quais podem ser significativamente grandes. As críticas e limitações ao uso do VaR levaram a proposição do Conditional Value at Risk (CVaR) como medida de risco. Adotar o CVaR como métrica de risco de um portfólio se caracteriza como uma estratégia de gerenciamento de riscos mais adequada do que o VaR.

O tema principal desta dissertação está profundamente relacionado à teoria de avaliação de opções, já que foi avaliado um portfólio, considerando que os contratos flexíveis foram modelados como opções de compra e venda e valorados utilizando-se Simulação de Monte Carlo. Desta forma, o capítulo 3 apresentou também a teoria das opções financeiras e o método de Simulação de Monte Carlo para avaliação de opções européias. A Simulação de Monte Carlo é o modelo a ser escolhido quando uma ou mais das características a seguir estão presentes: processos estocásticos mais complexos que o movimento geométrico browniano, opções dependentes de múltiplas variáveis de estado e processos estocásticos diversos e *payoffs* dependentes da trajetória de preços do ativo. A flexibilidade da Simulação de Monte Carlo permite a utilização de qualquer processo estocástico.

No capítulo 4 foi apresentado um modelo que incorpora a incerteza com relação ao preço e a incerteza com relação à demanda por energia. Iniciou-se com uma discussão sobre processos estocásticos desde sua definição até o modelo utilizado neste estudo. Foram também apresentados os procedimentos de cálculo dos valores em risco e do valor adicionado pelas flexibilidades nos contratos de compra de energia.

No capítulo 5 foram apresentados os resultados numéricos obtidos a partir da abordagem proposta nesta tese. Várias conclusões podem ser obtidas com relação à avaliação conduzida. O exemplo apresentado é um caso possível na área de comercialização de energia elétrica dentro deste novo modelo. O portfólio foi composto de modo a enfatizar o risco de sobras e déficits de energia, bem como a exposição de preços entre submercados.

Como resultado das avaliações, pode-se verificar que o valor esperado apresenta valores positivos na grande parte do horizonte de estudo, com exceção dos meses de janeiro a maio de 2007. O maior VaR apresentado ao nível de confiança de 95% foi de R\$1,02 milhões ao mês enquanto o CVaR apresenta perdas mais elevadas, podendo atingir R\$ 2,22 milhões ao mês. Em alguns meses, como por exemplo em julho de 2007 as métricas de VaR e CVaR apresentam valores muito próximos, entretanto em outros, como por exemplo em julho de 2006, estas medidas apresentam níveis de risco bastante diferentes. Enquanto o VaR apresenta valores em risco da ordem de R\$ 0,30 milhões ao mês, o CVaR pode chegar a R\$ 1,90 milhões. Esta diferença deve-se a assimetria negativa da distribuição de resultados para este mês.

Diversas análises de sensibilidade foram realizadas sobre as principais variáveis de interesse. As principais conclusões foram:

✓ Sensibilidade sobre a Taxa de Desconto: Para taxas entre 10% e 20%, a curva de valor presente dos resultados esperados varia entre R\$ 9,6 a R\$ 7,9 milhões respectivamente.

✓ Sensibilidade sobre a Flexibilidade dos Contratos de Compra: Para um aumento de 1% na flexibilidade, as medidas de risco tiveram redução da ordem de 1,0% para o VaR e 1,5% para o CVaR.

✓ Sensibilidade sobre o Nível de Confiança do VaR e do CVaR: Observou-se que adotar o CVaR como métrica de risco de um portfólio se caracteriza como uma estratégia de gerenciamento de riscos mais conservadora do que o VaR, sendo que quando o nível de confiança tende a 100%, o VaR e o CVaR convergem para o mínimo da distribuição. Para este nível de confiança, as medidas de risco apresentam a pior perda possível, que para este portfólio poderia atingir valores da ordem de R\$ 5,53 milhões.

✓ Sensibilidade sobre o Número de Simulações do MAB: o coeficiente de variação convergiu para um valor de 6,8% a medida que aumentasse o tamanho da amostra

Outra conclusão importante para o portfólio em estudo foi que o risco volumétrico relacionado à incerteza com relação ao montante de energia que será entregue nos contratos de venda aos consumidores livres não apresenta valores significativos. Desta forma, para este portfólio, entre os riscos que o agente está exposto, grande parte são provenientes das sobras e déficits contratuais bem como da exposição de preço entre submercados.

As flexibilidades foram precificadas utilizando-se Simulação de Monte Carlo, que é normalmente usado para avaliação de opções europeias, devido à característica *forward* que estes títulos derivativos apresentam.

Verificou-se que o ganho de valor de a cada  $\pm 1\%$  de flexibilidade adicional é de aproximadamente R\$ 0,59 milhões para o portfólio. Observou-se também que para este portfólio o valor adicionado pelas opções de compra é superior ao valor das opções de venda. Enquanto para  $\pm 1\%$  de flexibilidade as opções de compra adicionam ao portfólio aproximadamente R\$ 0,43 milhões, as opções de venda adicionam R\$ 0,15 milhões. Verificou-se também que o valor conjunto das opções é aproximadamente igual à soma do valor individual de cada opção que a

compõe. Para uma flexibilidade de  $\pm 1\%$  a soma das opções de compra e venda aproximam-se do valor total de R\$ 0,59 milhões.

Foram também apresentados os valores das opções em R\$/MWh obtidos pela divisão dos valores originais das opções em R\$ pela quantidade de energia nominalmente contratada em MWh. O ganho de valor a cada  $\pm 1\%$  de flexibilidade adicional é de aproximadamente R\$0,45/MWh, sendo que o ganho pela opção de compra corresponde a R\$0,33/MWh e o ganho pela opção de venda corresponde a R\$0,12/MWh.

Foram também realizadas algumas análises de sensibilidade, sendo apresentados a seguir as principais conclusões:

✓ Sensibilidade sobre a Taxa de Desconto: considerando uma flexibilidade de  $\pm 10\%$  para todos os contratos de compra, para taxas de desconto entre 10% e 20%, a curva de valor total das opções varia entre R\$3,35/MWh a R\$4,83/MWh. Em relação às curvas de valor das opções de compra e venda, as variações foram de 55% e 35% respectivamente.

✓ Sensibilidade Sobre o Preço dos Contratos de Curto Prazo: o valor da opção de compra não varia, já que o exercício desta opção está relacionado com o Preço de Liquidação de Diferenças e não com um percentual sobre este preço. Desta forma, toda a variação no valor total das opções refere-se a variação do valor das opções de venda. Para uma variação de 10% no preço do contrato de curto prazo, obtém-se uma variação de 0,5% no valor total da opção.

## **6.1. Trabalhos Futuros**

Vários trabalhos futuros podem estender os resultados obtidos nesta dissertação. A seguir, serão apresentados os principais:

- ✓ Estudo de outros processos estocásticos para simulação do consumo de energia elétrica. O consumo industrial é caracterizado por paradas programadas e paradas não programadas. Um processo estocástico que poderia avaliar esta situação com maior precisão deveria modelar a parte contínua e a parte descontínua juntas. A parte contínua poderia ser um processo estocástico contínuo qualquer, já a parte descontínua poderia ser modelado utilizando-se um processo estocástico discreto, como por exemplo o processo de Poisson.
  
- ✓ Consideração de outras fontes de incerteza. Neste trabalho o Preço de Liquidação de Diferenças e o volume contratado foram às únicas fontes de incerteza utilizadas. Por exemplo, a interrupção de um contrato (risco de crédito) pode aumentar o risco de um portfólio.
  
- ✓ Avaliação de outros tipos de opções característicos dos contratos negociados no ACL, como por exemplo a opção de extensão do contrato e a opção de redução devido as paradas programadas.
  
- ✓ As empresas exibem muita preocupação quanto ao resultado apresentado no final do ano e também com a possível falta de dinheiro em caixa para honrar compromissos futuros. Desta forma a aplicação de outras métricas de risco faz-se necessário, entre elas o Cash Flow at Risk (CFaR) e o Earnings at Risk (EaR).