

8 Conclusões

A dissertação concentrou-se na área de análise de séries temporais. Esta disciplina utiliza acontecimentos passados para determinar possíveis eventos futuros e suas respectivas probabilidades de ocorrência. Este tipo de abordagem vem sofrendo muitas críticas na academia, pois alguns acreditam que os eventos extremos não são corretamente analisados nesta metodologia, mas são os mais importantes a serem considerados.

Por outro lado, argumenta-se que o problema não é inerente ao método, mas sim à forma como é aplicado. Em grande parte dos estudos são feitas simplificações do mundo real que prejudicam a análise de riscos, ou seja, os eventos não são corretamente avaliados. Neste sentido, caso sejam desenvolvidos modelos capazes de mensurar corretamente as probabilidades envolvidas, não haverá problema algum em utilizar modelagem de séries temporais para prever eventos.

Neste estudo aplicou-se a metodologia do Filtro de Kalman para ajustar-se o modelo proposto em SCHWARTZ E SMITH (2000) aos dados do mercado futuro de petróleo coletados entre 03/01/1990 e 27/08/2008.

Em primeiro lugar procurou-se abordar um tema, um tanto quanto avançado na modelagem de séries temporais, de forma simplificada e detalhada.

Neste sentido, o capítulo 3 foi responsável pela apresentação dos processos estocásticos envolvidos na dissertação. Em primeiro lugar foram demonstradas as propriedades estatísticas do Movimento Geométrico Browniano, e posteriormente foi realizada uma simulação, na qual apresentaram-se alguns “caminhos” possíveis para o MGB.

Na continuação do capítulo abordou-se o Movimento de Reversão à Média, demonstrando-se a derivação de suas propriedades estatísticas, valor esperado e variância, e posteriormente plotando-se “caminhos” possíveis para uma variável que segue esse processo.

No capítulo 4 introduziu-se o algoritmo do Filtro de Kalman. Na primeira seção do capítulo foram abordados temas referentes à modelagem econométrica dos dados. Assim, se desenvolveu passo a passo o modelo de estimação dos coeficientes de uma regressão por mínimos quadrados ordinários, sempre demonstrando como são obtidas as relações que determinam as variáveis do modelo. A seguir foi desenvolvido, da mesma maneira que em BOMHOFF (1994), um algoritmo recursivo de mínimos quadrados ordinários no qual se atualiza o vetor de coeficientes sem a necessidade de rodar-se todo o procedimento de estimativa novamente. Através do algoritmo recursivo de MQO foi demonstrada uma metodologia para o desenvolvimento do Filtro de Kalman simplificado, aquele que não admite a transição das variáveis de estado de um período para o outro. Assim, requerendo apenas conhecimentos básicos de econometria chegou-se ao algoritmo do Filtro de Kalman.

Para complementar o entendimento do algoritmo do Filtro de Kalman foi desenvolvido um exemplo para o próprio mercado de petróleo. Esse exercício apresentou maior facilidade para ser acompanhado porque há apenas uma variável de estado, e o número de parâmetros é reduzido.

No quinto capítulo simplesmente determinou-se a forma de aplicar o Filtro de Kalman ao modelo proposto. Determinaram-se as equações de medida e as equações de estado. No sexto capítulo foram descritas as séries utilizadas como variáveis observáveis e a implementação no “*software*” Eviews.

Finalmente, no Capítulo 7 são apresentados os resultados da estimativa do modelo, e são comparados com os da literatura. As saídas são impactadas pelas simplificações feitas para aplicar o modelo a dados reais.

O Filtro de Kalman clássico aplica-se a modelos lineares nos quais os erros aleatórios seguem distribuições de probabilidades normais. Desta forma, há duas simplificações no algoritmo proposto, linearidade e normalidade.

A linearidade exigida pelo Filtro é amplamente atendida pelo modelo proposto, pois o modelo é linear nas variáveis de estado.

No entanto, os resíduos do modelo não apresentam distribuições Gaussianas. A solução proposta para esses casos na literatura é a utilização de modelos não Gaussianos. Neste caso, o Filtro de Partículas é mais adequado pois considera modelos não Gaussianos. Em AIUBE (2005) o autor aplica o Filtro de Partículas para um painel idêntico ao utilizado aqui e para o mesmo modelo. Os

resultados obtidos para o Filtro de Kalman e para o Filtro de Partículas foram muito semelhantes, sendo que o primeiro apresentou um ajuste um pouco melhor. Desta forma, a questão que se coloca é quanto ao verdadeiro ganho em utilizar-se o Filtro de Partículas em detrimento do Filtro de Kalman. Apesar de o Filtro de Partículas estar teoricamente correto, ele apresentou resultados inferiores, o que pode ser contornado pelo aumento do número de partículas utilizadas, e pode ter sido ocasionado exclusivamente por conta do período observado. Ou seja, caso os dados de entrada fossem diferentes, será que o Filtro de Partículas apresentaria resultados melhores para o modelo de SCHWARTZ E SMITH (2000) aplicado ao mercado de petróleo.

Os resíduos dos modelos apresentaram um crescimento considerável para o período final da análise, sendo supostamente acarretados pelo aumento da volatilidade e do patamar de preços. Cabe ressaltar que para patamares mais elevados os erros absolutos podem ser muito maiores sem que os erros percentuais o sejam, o que foi demonstrado pela análise das séries de resíduos percentuais.

O ajuste do modelo aos contratos futuros foi bastante satisfatório, principalmente quando comparadas as séries de preços estimados um passo à frente e as séries de valores observados. Observou-se que elas ficaram praticamente sobrepostas, sendo o ajuste melhor para os contratos de maior maturidade. A Hipótese de Samuelson prevê volatilidades maiores para os contratos de mais curto-prazo, o que dificulta a capacidade de previsão dos modelos para esses contratos. Assim, o contrato F1 apresentou o pior ajuste e o F17 o melhor.

A capacidade de estimar a variável não observável do modelo, o preço à vista, foi medida através da confrontação entre ela e o contrato mais curto, F1. É importante dizer que muitas vezes os contratos F1 são utilizados como “*proxy*” para o preço à vista. O estudo comprovou que a diferença entre o preço justo do petróleo à vista e o contrato F1 é bem pequeno, e foi estimado em 3,53%. Em outro sentido, também comprovou-se a capacidade do modelo em estimar a variável não observável, partindo do princípio de que o contrato F1 é uma “*proxy*” para ela.

É possível apontar duas aplicações para os modelos propostos. A primeira é a determinação do preço justo do contrato à vista, que pode ser do interesse de empresas que desejam transacionar no mercado físico de petróleo e derivados.

Outra opção é obter previsões para os preços da semana seguinte, o que permite que se opte pela compra ou venda do contrato.

O Filtro de Kalman apresenta uma boa capacidade de previsão de curto-prazo, no entanto, se o objetivo for realizar previsões de longo prazo esta ferramenta não apresenta grandes vantagens, pois o que confere o bom ajuste do Filtro é a capacidade de incorporar à sua previsão toda a informação presente até aquela data. Nesse sentido, se a informação está muito desatualizada o filtro de Kalman não apresenta vantagens com relação a outros métodos. Se o objetivo for prever uma variável para um prazo muito longo e espera-se que a relação entre ela e outras variáveis independentes se mantenha, ou pelo menos seja conhecida, e, além disso, haja uma capacidade relativamente boa para projetar as variáveis independentes, talvez seja melhor projetar em função de outras variáveis e não em função de parâmetros da própria série.

8.1. Propostas Para Estudos Futuros

A aplicação do Filtro de Partículas a um período em que a volatilidade está elevada poderia ser uma proposta interessante para extensão deste estudo. Isso porque em períodos de aumento da volatilidade as distribuições dos ruídos da estimativa deixam de ser normais, e como já citamos o Filtro de Partículas adéqua-se a este tipo de cenário.

A utilização de outros modelos estocásticos no teste de ajuste ao mercado futuro poderia fornecer novas informações sobre o comportamento dos contratos. Modelos mais simples com apenas um fator estocástico possuem aceitação maior fora da academia, pois são mais facilmente aplicáveis. Por outro lado, o modelo de três fatores, também proposto por SCHWARTZ E SMITH (2000), onde o terceiro fator corresponde à taxa de crescimento do preço de equilíbrio, podem ser mais adequados ao mercado, principalmente na capacidade de representar a evolução dos contratos de mais longa duração, os quais não foram utilizados no painel montado nesta dissertação. A desvantagem em utilizar um terceiro fator estocástico consiste no aumento expressivo da complexidade do modelo, principalmente na valoração de opções sobre os ativos que seguem tais processos estocásticos, pois como é conhecido, a complexidade dos modelos afeta

diretamente a complexidade das equações diferenciais parciais geradas por eles na avaliação de derivativos.

Ao invés de utilizar apenas um painel, o estudo poderia se estender avaliando o ajuste do modelo aos diferentes contratos futuros. A maior dificuldade neste caso estaria na falta de dados para alguns contratos mais longos. No entanto há trabalhos em que se utilizaram painéis incompletos. O maior problema neste caso é que a estimativa dos dados para os períodos em que não houve negociação insere mais uma incerteza, podendo interferir no resultado final.

A Teoria das Opções Reais poderia ser utilizada para valoração de um projeto na área da indústria de petróleo. Para os casos em que o projeto fosse de Exploração e Produção (E&P) de petróleo seriam utilizadas cotações dos contratos futuros de petróleo para determinar o valor, por exemplo, da opção de adiar o investimento, da opção de ampliação de capacidade e da opção de abandono, venda do ativo. Esse seria um caso típico de valor justo a ser pago em um leilão de blocos exploratórios.

Além da área de orçamentação de capital também é possível aplicar a metodologia proposta para modelar os contratos futuros de petróleo com o Filtro de Kalman à área de mercados financeiros propriamente dita. Através dos modelos propostos é possível determinar-se os valores de derivativos gerados sobre os contratos futuros. Assim, é possível estender esse trabalho de maneira a valorar opções sobre futuros de petróleo, calcular posições para se “*hedgear*” no mercado, dentre outros.