

1

Introdução

1.1

Descrição do Mercado Brasileiro de Commodity

O último relatório de projeções de agronegócio publicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)¹ traz uma perspectiva de grande crescimento das atividades agropecuária no Brasil. Segundo o mesmo, o mercado interno é expressivo e o mercado internacional tem apresentado acentuado crescimento do consumo. Os fatores apresentados como responsáveis por essa tendência de crescimento são: dificuldade de reposição dos estoques mundiais; acentuado aumento de consumo especialmente de grãos como milho, soja e trigo; o processo de urbanização em curso no mundo.

Ainda segundo o relatório do MAPA os produtos com maior potencial de crescimento no mercado brasileiro de *commodity* agrícola deverão ser: a soja; o milho; o trigo, as carnes; o etanol, o farelo de soja; o óleo de soja e o leite.

Para o caso específico da soja, a safra de 2007/08 gerou excelentes resultados, apresentando receita positiva, isto é, acima dos custos operacionais. As exportações de soja somaram 24,5 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 3,23% do volume exportado no ano de 2007. No caso do óleo de soja, as exportações caíram 1,14% e o farelo de soja, aumento 1,49% do volume exportado no ano de 2007².

Apesar do excelente desempenho do complexo da soja no mercado Brasileiro e mundial, onde ocupa a posição de segundo maior produtor, ficando atrás, apenas, dos Estados Unidos, os produtores brasileiros têm se deparado com uma situação desvantajosa, no que tange os mecanismos de hedge utilizados para lidar com a elevada volatilidade dos preços desse produto, variação esta, inerente do processo de formação de preços de todas as commodities agrícolas, em geral.

Um mecanismo de hedge muito eficiente e amplamente utilizado no

¹Projeção do Agronegócio – Brasil – 2008/09 a 2018/19, publicado no site do Ministério da Agricultura, em Fevereiro de 2009.

²Dados retirados do relatório Agro-mensal do CEPEA

mercado internacional para redução do risco financeiro de operações com commodities agrícolas é o hedge com contratos futuros. Por meio desse mecanismo, os produtores vendem contratos futuros para se defenderem de eventuais quedas de preço, ao passo que os agentes que buscam proteção contra aumento de preço compram contratos futuros.

Embora o volume de contratos agropecuários negociados na Bolsa de Mercadoria e Futuros (BM&F) tenha apresentado um crescimento consistente e significativo nos últimos anos, comparativamente com bolsas internacionais, como a Chicago Board of Trade (CBOT), os volumes comercializados na BM&F, ainda, são pequenos e por isso possuem uma liquidez menor que esses mercados internacionais, o que as tornam menos atrativa.

No entanto, as boas perspectivas do mercado agropecuário como um todo e as experiências bem sucedidas na comercialização dos contratos futuros na BM&F mostram o potencial de crescimento desse mercado. Dentro dessa perspectiva de crescimento verifica-se a necessidade de se ampliar os estudos e as pesquisas no desenvolvimento de metodologias adequadas ao tratamento do futuro dos preços das *commodities* agrícolas.

Na literatura sobre o tema, podemos encontrar alguns bons exemplos de trabalhos que vem colaborando para o desenvolvimento de metodologias cada vez mais aprimoradas para o tratamento dos preços das commodities no mercado futuro. Para a realização desse trabalho devemos destacar os artigos e dissertações como:

Das (1998) apresenta um estudo sobre o comportamento estocástico da taxa de juros norte-americana. O autor observou uma série de dados e constatou a ocorrência dos pontos estilizados que provocaram o alongamento da função de distribuição da estrutura a termo da taxa de juros, caracterizando um excesso de curtose (distribuição Leptocúrtica). A idéia principal era modelar o comportamento da taxa de juros através do modelo de reversão à média e capturar a presença de possíveis saltos com o processo de Poisson-Gaussiano ou por um modelo de volatilidade variando no tempo, tais como os processos ARCH. A análise de Das contou com 2609 observações dos dados diários de janeiro de 1988 a dezembro de 1997 e foi estruturada em quatro etapas, sendo elas: 1) Derivação da função estatística para os modelos; 2) Cálculo da função de densidade de probabilidade; 3) Cálculo dos quatro primeiros momentos dos processos

estocásticos; 4) Determinação das expressões analíticas para os preços dos títulos. A princípio, utilizou-se um processo de estimação em tempo contínuo, constituído de um processo numérico excessivamente intenso no qual requer que a função de densidade a ser submetida à otimização numérica seja obtida pela inversão de Fourier. Em seguida foi realizada a estimação em tempo discreto. A discretização dos processos estocástico possibilitou tratar a volatilidade através dos modelos ARCH, alinhados a difusão de saltos. O artigo ainda utiliza os métodos dos momentos como outro meio de estimação. Os resultados dessa pesquisa identificaram a presença de saltos no comportamento da taxa de juros norte-americana, além de identificar que as reuniões do Banco Central americano (Fed) têm forte influencia no preço dos títulos. Outro resultado interessante desse artigo foi com relação à análise do efeito dos dias da semana na formação dos preços da taxa de juros, onde se constatou o aumento da ocorrência de saltos nos dias de vencimento das opções, influenciando os movimentos dos mercados.

Rocha (2008) avaliou, em sua dissertação, a aplicação dos modelos de difusão de saltos ao comportamento dos preços do Café Arábica no Brasil negociado na BM&F. Foi estimada uma classe de modelos estocásticos, tais como os processos de reversão à média e o movimento geométrico browniano, comparando-os com suas variantes com saltos e avaliando o tratamento da volatilidade através dos modelos ARCH e GARCH. O processo de estimação será desenvolvido tanto por métodos tradicionais quanto por algoritmo genético. A importância do Café Arábica como *commodity* agrícola para o país e no mundo que representa 30% da produção mundial, além de ser o segundo maior mercado consumidor do mundo, perdendo apenas para os Estados Unidos. O trabalho mostra que o comportamento dos preços internacionais do café arábica, segundo dados da Organização Internacional do Café (OIC), teve uma trajetória declinante desde 1984, com algumas recuperações em 1995 e 1997, mas o comportamento mais marcante na série histórica dos preços é o perfil acentuadamente instável dos preços internacionais que nos dá indícios de que o preço do café nas duas últimas décadas não tem proporcionado rentabilidade suficiente ao produtor. Outra característica relevante no comportamento do café é a sua alta volatilidade, uma das commodities mais voláteis, o que pode ser explicado pelo seu ciclo bianual que alterna períodos de grande atividade com outros de retração, além dos fatores climáticos. Para a implementação da metodologia utilizada nessa pesquisa foram

utilizados os dados diários da série histórica do preço à vista do café, no período de Setembro de 1996 a Dezembro de 2004, esses dados foram trabalhados de forma a se obter uma média mensal dos preços, agrupando as 2068 observações diárias em 100 observações mensais. A série histórica foi, ainda, deflacionada para agosto/2007 através do índice de preços ao atacado-disponibilidade interna. Os primeiros testes realizados com os dados mostraram que estes possuíam uma distribuição levemente assimétrica à direita e platicúrtica, e o teste Jarque-Bera mostrou que a série não era normalmente distribuída. Este é um fato de muita relevância, pois tal conclusão torna inviável a aplicação da metodologia proposta por Das, que foi a base dos trabalhos da dissertação de Rocha e por isso esses resultados foram ignorados para efeito da modelagem em seu trabalho. Foram realizadas seis variações de modelos dentro dos métodos de reversão à média e movimento geométrico browniano, como: 1) Gaussiano Puro; 2) Gaussiano ARCH; 3) Gaussiano GARCH; 4) Poisson Gaussiano; 5) Poisson Gaussiano ARCH; 6) Poisson Gaussiano GARCH. Os parâmetros dos modelos foram estimados, em tempo discreto, através de duas metodologias, a função de máxima verossimilhança e algoritmos genéticos. É importante destacar que a estimação por máxima verossimilhança apresentou melhores resultados, embora os algoritmos genéticos seja uma metodologia alternativa ao caráter genérico aos problemas de otimização, não podemos assegurar seu sucesso. Os algoritmos genéticos são métodos de busca “cega”, uma vez que não têm conhecimento específico do problema a ser resolvido e guiam-se apenas pela função objetivo. São métodos codificados que não trabalham diretamente com o domínio do problema e sim com representações dos seus elementos. Assim sendo, o fato dos algoritmos genéticos não terem apresentados os melhores resultados, pode ser explicado pela provável convergência do resultado para um máximo local, visto que para aquela região ele conseguiu a melhor solução, apesar de não ser a melhor solução dentro do espaço de busca. Ao contrário do trabalho publicado por Das, os resultados apresentados nessa pesquisa não mostraram ser relevante a presença de saltos no comportamento dos preços da commodity do café. Outro resultado importante foi com relação a estacionariedade da série que mostraram melhor aderência ao modelo geométrico browniano. Este trabalho proporcionou algumas contribuições como à avaliação de uma vasta gama de modelos, combinando processos de reversão à média e o movimento geométrico browniano, com e sem

a inclusão de saltos, além de estudar a estrutura da variância através do tratamento dos modelos ARCH e GARCH.

Schwartz (1997) propôs uma análise do preço das commodities através de três modelos diferentes, a idéia do autor é introduzir ao estudo mais de uma variável de estado para aumentar a robustez dos modelos estocásticos utilizados, sendo assim, foram desenvolvidos os modelos de um fator, dois fatores e três fatores. O modelo de um fator é de um processo de reversão à média simples, com uma única variável estocástica, o preço. Trata-se de um processo conhecido na literatura como Ornstein-Uhlenbeck. O modelo de dois fatores, considera a existência de duas variáveis estocásticas, o primeiro fator estocástico é o preço à vista e segue o movimento geométrico Browniano e o segundo fator estocástico é o retorno de conveniência que segue um movimento de reversão à média e estas duas variáveis são correlacionadas. O modelo de três fatores acrescenta ao modelo de dois fatores a taxa de juros como variável estocástica, que também segue um movimento de reversão à média, só que este é semelhante ao proposto por Vasicek em 1977. Assim como no modelo de dois fatores, nesse também se considera a premissa de que as variáveis são correlacionadas. O artigo analisa três tipos de commodities, o petróleo, o cobre e o ouro, através da série histórica dos mercados futuros no período de 1985 a 1995 (observações semanais). No entanto, a única variável observável diretamente no mercado era o preço futuro, e não se possuía as variáveis de estado, o que levou a aplicação da metodologia de filtro de Kalman para se estimar as variáveis de estado não observáveis e, conseqüentemente, a estimar os parâmetros do modelo. Como resultado observou-se que apenas o ouro não apresentou uma boa aderência ao processo de reversão à média, ao contrário do petróleo e do cobre que apresentaram uma aderência significativa aos modelos. Outra importante conclusão foi quanto à superioridade dos modelos de dois e três fatores na aderência ao comportamento dos preços, de uma forma geral.

Geman e Nguyen (2005) apresentaram um trabalho muito interessante, e principalmente relevante ao tema dessa pesquisa, pois se trata de uma pesquisa sobre o comportamento da soja no mercado mundial. O principal objetivo deste é relacionar a volatilidade dos preços aos níveis de estoque mundiais. Os autores utilizaram dados dos níveis de estoque de soja e os preços desse ativo, tomando-se por base de as informações recebidas dos três maiores produtores mundiais de

soja: Estados Unidos, Brasil e Argentina, em periodicidades anuais, trimestrais e mensais. Além de propor uma análise de reversão à média da estrutura a termo dos preços futuros da soja, com a inclusão de variáveis de estado, com dois ou três fatores. O processo de reversão à média foi escolhido para o tratamento de todas as variáveis estocásticas dos modelos, por representar um processo que reflete um comportamento da auto-regulação do mercado (lei da oferta e demanda). Os dois primeiros fatores considerados foram o preço à vista e a média de curto prazo da sua componente estocástica, excluindo-se o efeito da sazonalidade. A terceira variável considerada foi a escassez, dado que as análises empíricas dos autores revelam a uma forte relação entre o inventário e os preços à vista. O artigo traz, ainda, os processos escritos sob a medida equivalente de Martingale. Para se analisar a relação entre o nível de escassez com a volatilidade dos preços, foi realizada uma regressão, onde se inclui o nível de “escassez”, e como resultado se obteve uma correlação positiva entre os altos e baixos dos estoques à volatilidade dessa commodity, com destaque para o nível de estoque norte-americano, que demonstra uma grande representatividade na oscilação da volatilidade. Para a estimação dos parâmetros dos modelos foram utilizados preços de contratos futuros no período de 1974 a 2000 obtidos da Chicago Board Trade. É interessante destacar que a metodologia fez uso da aplicação do filtro de Kalman para se estimar as variáveis de estado e o procedimento de otimização deu-se pela maximização da função de máxima verossimilhança. Um dos primeiros resultados dessa pesquisa foi à independência de escala temporal. A volatilidade dos preços apresentou-se sempre como uma função linear inversamente proporcional ao nível de estoque que o autor denomina de nível de “escassez”. Pode-se observar também a superioridade do modelo de três fatores ao modelo de dois fatores, por sua maior capacidade de ajuste das várias formas da curva a termo, particularmente evidenciada em maturidades distantes.

Dessa forma, esse trabalho pretende concentrar sua pesquisa na metodologia de reversão à média proposta no artigo do Das (1998) e testar o efeito ARCH e GARCH ao tratamento da volatilidade do preço da soja, conforme propostos no trabalho de Rocha (2008), com o objetivo pesquisar o comportamento do preço da soja (grão) no mercado brasileiro do estado de Paranaguá.

Neste sentido, esta pesquisa foi organizada de forma a deixar o capítulo

dedicado a introdução do tema da pesquisa, assim como um breve resumo da bibliografia utilizada como base para o desenvolvimento desse trabalho.

O capítulo 2 foi dedicado a realização de uma revisão dos conceitos matemáticos básicos mais relevantes para o desenvolvimento do trabalho, como: os conceitos sobre o funcionamento do mercado futuro, processos estocásticos e Modelo ARCH e GARCH.

No capítulo 3 encontraremos a apresentação dos dados da pesquisa, suas fontes, os testes iniciais realizados nos dados brutos e a justificativa da pesquisa. Este capítulo ainda traz a descrição do modelo metodológico utilizado na estimação dos parâmetros.

No capítulo 4 serão expostos os resultados encontrados com a metodologia utilizada e será proposta uma discussão desses resultados a caminho da conclusão dessa pesquisa.

No capítulo 5 será apresentada a conclusão da pesquisa e uma apreciação crítica do trabalho realizado nessa dissertação.