



## Revista ADM.MADE

Revista do Mestrado em Administração e  
Desenvolvimento Empresarial - Universidade  
Estácio de Sá

**Revista ADM.MADE, Rio de Janeiro, ano 12, v.16, n.2, p.32-50, maio/agosto, 2012**

Revista do Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial da Universidade

Estácio de Sá – Rio de Janeiro (MADE/UNESA). ISSN: 2237-5139

Conteúdo publicado de acesso livre e irrestrito, sob licença Creative Commons 3.0.

Editora responsável: Isabel de Sá Affonso da Costa

Organizador do número temático: Marco Aurélio Carino Bouzada

### **Avaliação da Eficiência Preditiva de Volatilidade Implícita e de Média Móvel para os Preços Futuros de Boi Gordo do Brasil**

*Waldemar Antônio da Rocha de Souza<sup>1</sup>*

*Manoel Martins do Carmo Filho<sup>2</sup>*

*Sandro Breval Santiago<sup>3</sup>*

*Eliza Maria Nascimento Albuquerque<sup>4</sup>*

*Pedro Valentim Marques<sup>5</sup>*

---

Uma versão preliminar deste artigo foi apresentada e publicada nos Anais do XXXVI Enanpad, setembro de 2012, Rio de Janeiro – RJ.

Artigo recebido em 22/11/2012 e aprovado em 17/12/2012. Artigo convidado à submissão e avaliado em *double blind review*.

<sup>1</sup> Doutor em Economia Aplicada pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Professor do Departamento de Administração da Universidade Federal do Amazonas (DADM/UFAM). Endereço: Campus Universitário, Setor Norte, Bloco X, sala 28 – Manaus, AM – CEP: 69077-000. Email: [warsouza@ufam.edu.br](mailto:warsouza@ufam.edu.br).

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia de Transportes pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Professor do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Amazonas (DECON/UFAM). Endereço: Rua General Rodrigo Otávio J. Ramos, 3000 - Campus Universitário – Aleixo - Manaus, AM – CEP: 69077-000. Email: [martins.manoel@gmail.com](mailto:martins.manoel@gmail.com).

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia de Produção pelo Programa de Engenharia de Produção da Universidade do Amazonas (PEP/UFAM). Professor do DADM/UFAM. Email: [sbreval@gmail.com](mailto:sbreval@gmail.com).

<sup>4</sup> Mestre em Contabilidade e Controladoria pelo Programa de Mestrado Profissional em Contabilidade e Controladoria da Universidade Federal do Amazonas (PPGCCOM/UFAM). Professora do Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Endereço: Av. Joaquim Nabuco – Centro – CEP: 69020-030 - Manaus, AM. Email: [elizanasci@hotmail.com](mailto:elizanasci@hotmail.com).

<sup>5</sup> Doutor em Economia Agrícola pela University of Kentucky, Estados Unidos. Professor da ESALQ/USP. Endereço: Av. Pádua Dias, 11 – Agronomia - CEP: 13419-440 - Piracicaba, SP. Email: [pymarques@usp.br](mailto:pymarques@usp.br).

## **Avaliação da Eficiência Preditiva de Volatilidade Implícita e de Média Móvel para os Preços Futuros de Boi Gordo do Brasil**

Para prever a volatilidade realizada do contrato futuro de boi gordo com vencimento mais próximo, no horizonte de uma semana à frente, esta pesquisa comparou as previsões de curto prazo da volatilidade dos preços de carne bovina brasileira, examinando a volatilidade implícita das opções de boi gordo da BM&F-BOVESPA, a média histórica de três semanas e a previsão simples. Foram testados a robustez, o viés e a eficiência, identificando-se a média de três semanas como melhor previsor. O resultado pode gerar informações para decisões estratégicas de produção, de comercialização e de *hedge* na cadeia de boi gordo do Brasil, monitorando e aferindo o grau de risco associado.

**Palavras-chave:** eficiência preditiva; volatilidade implícita; média móvel; preços futuros; boi gordo.

**Keywords:** forecasting efficiency; implied volatility; moving average; futures price; live cattle.

### **Evaluation of Predictive Efficiency of Implied Volatility and Moving Average for Brazilian Live Cattle Futures Prices**

To forecast the realized volatility of the nearby live cattle futures contract maturing on a week ahead horizon, this research compared the short-term Brazilian live cattle futures price volatility forecast, examining the BM&F-BOVESPA live cattle options implied volatility, the historical three weeks average and the simple forecast. We tested the robustness, bias and efficiency, identifying the three weeks average of as a better predictor. The result can generate information for strategic decisions of producers, traders and hedging in the Brazilian beef industry supply chain, monitoring and measuring the degree of associated risk.

## **1. Introdução**

O mercado de boi gordo é relevante para a renda do agronegócio do Brasil. Por exemplo, para o ano de 2011 previu-se a produção de 9,2 milhões de toneladas de carne de boi, totalizando exportações de 1,4 milhões de toneladas, com aumento de 2% e de 4%, respectivamente, em relação ao ano anterior (USDA, 2011). A produção distribui-se entre produtores, frigoríficos e demais agentes da cadeia de oferta. Diante dos crescentes volumes e da complexidade das operações, os agentes necessitam administrar os riscos operacionais, em particular de preços, usando os mecanismos disponíveis no mercado.

Com efeito, o recente regime de preços prevalecente nos mercados de *commodities* a partir de 2008 aumentou os preços médios e sua volatilidade, elevando o grau de risco dos preços agropecuários (EUROPEAN COMMISSION, 2010). Adicionalmente, a ocorrência de surtos periódicos de febre aftosa impacta a produção e o processo de precificação de carne bovina brasileira, elevando o risco de preço para os agentes (TEIXEIRA; MAIA, 2008). Nesse sentido, uma das principais informações para a gestão de riscos do mercado de carne bovina é a variação esperada dos preços durante o horizonte temporal adequado às decisões de produção, de comercialização e de *hedge*.

Para ilustrar a mitigação dos riscos de preço da indústria de carne bovina do Brasil podem-se empregar os contratos futuros e de opções de boi gordo da BM&F-BOVESPA. Além disso, as opções de boi gordo permitem a elaboração de estratégias mais baratas de *hedge*, com menor impacto sobre o fluxo de caixa, além de fornecerem informações sobre a volatilidade esperada. Como exemplo, um dos parâmetros obtidos do mercado de opções é a volatilidade implícita, que pode ser aplicada para prever a volatilidade futura realizada.

Entretanto, diversos estudos sobre a volatilidade implícita de opções agropecuárias apontaram a existência de viés e de ineficiência nas previsões, com impactos diretos sobre a gestão de risco. Por exemplo, uma elevada volatilidade esperada pode aumentar a propensão de um produtor de carne a pagar mais pela proteção de risco. Caso as expectativas não se concretizem, o prêmio adicional resultará em prejuízo (BRITTAIN; GARCIA; IRWIN, 2011). Uma vez que a volatilidade implícita pode registrar viés e ineficiência sistemáticos, cabe identificar de que maneira os administradores de risco podem empregar métodos alternativos de previsão da volatilidade realizada futura.

Dessa forma, a questão de pesquisa deste trabalho é a comparação do desempenho das previsões de curto prazo da volatilidade dos preços da carne bovina do Brasil usando a volatilidade implícita das opções de boi gordo da BM&F-BOVESPA e a volatilidade calculada com modelos alternativos. Especificamente, objetiva-se: 1) empregar a volatilidade implícita extraída das opções, de média histórica e da abordagem simples (*naïve*) para prever a volatilidade realizada do contrato futuro de boi gordo com vencimento mais próximo, no horizonte de uma semana a frente; 2) examinar o desempenho das previsões da volatilidade realizada, testando a robustez e a ocorrência de viés e eficiência; e, 3) propor a adoção de modelo aplicando parâmetros de mercado facilmente acessíveis para efetuar previsões da volatilidade de curto prazo dos preços do contrato futuro de boi gordo.

O trabalho divide-se em quatro seções. Na primeira apontam-se as principais referências teóricas sobre o tema. A segunda registra a metodologia e os dados usados. Na terceira apresentam-se os resultados, discutindo os principais aspectos. A quarta e última descreve e resume as conclusões da pesquisa.

## 2. Referencial Teórico

A importância da administração estratégica de riscos aumentou para os sistemas agropecuários, crescentemente complexos e industrializados, em particular da gestão dos riscos operacionais. Dentre os riscos operacionais, a mitigação do risco de preço assume papel relevante, em especial no novo regime de preços de *commodities* prevalecente a partir de 2008. O recente ambiente de preços caracteriza-se por níveis médios de preço e volatilidade mais elevados (EUROPEAN COMMISSION, 2010).

Nesse sentido, Boehlje e Gloy (2011) registraram alta elevação do risco operacional e financeiro recentemente, em particular dos preços dos produtos agropecuários finais. Tal fato gerava a necessidade de proteger as margens operacionais com trava dos preços de compra de *inputs*, como sementes, adubos e produtos químicos, e dos preços de venda da

produção, com operações de *hedge* de risco de preços usando-se os mercados futuros e de opções.

Também, usa-se a previsão de volatilidade como parâmetro de modelos de avaliação de risco. Como exemplo, a modelagem Value-at-Risk (VaR) para *commodities* agropecuárias aplica a volatilidade como uma das variáveis explicativas (MANFREDO; LEUTHOLD, 2001). Em adição, a volatilidade implícita é amplamente empregada para previsões da volatilidade realizada, com resultados distintos quanto ao grau de eficiência preditiva.

Nesse aspecto, diversos autores pesquisaram a eficiência de previsões da volatilidade implícita de opções. Entretanto, não existe consenso sobre o método mais eficiente, havendo conclusões distintas. A diferença entre as eficiências preditivas pode ser atribuída às assimetrias derivadas da família do modelo de Black e Scholes (1973), ao período de análise e às características das *commodities* agropecuárias, dentre outros fatores.

Em particular, a prática de mercado para administração de risco generalizou o uso da volatilidade implícita de opções de *commodities* agropecuárias para previsões da volatilidade realizada no mercado a vista. Tal fato pode ser atribuído à disponibilidade imediata de informações no mercado de opções, obtidas a baixo custo e ininterruptamente, auxiliando a obtenção de *inputs* informacionais com baixa relação custo-benefício para aplicar na gestão de risco empresarial. Porém é necessário avaliar a qualidade das informações usadas para as previsões de volatilidade.

Examinando o valor de previsões mais eficientes para preços e volatilidade, Adam, Garcia e Hauser (1996), com o uso de modelagem de utilidade esperada para produtores de suínos, concluíram que as decisões dos produtores baseavam-se em diversas combinações de contratos futuros e de opções de compra e de venda, cujos preços sinalizavam previsões de mercado sobre a volatilidade e os preços futuros. Ainda, as informações mais eficientes sobre a volatilidade possuíam maior valor para os *hedgers*.

Figlewski (1997) avaliou a eficiência da volatilidade implícita para prever a volatilidade realizada de diversos ativos. Comparando as previsões, concluiu que a volatilidade implícita dominava estatisticamente a histórica. Entretanto, não significava que as previsões da volatilidade implícita eram mais precisas ou um melhor parâmetro para aplicar em modelos de precificação de opções, o que poderia ser medido pelo viés preditivo. Também, os efeitos dos *spreads* de compra e de venda das opções e do ativo subjacente objeto da opção, a falta de sincronização dos preços e os custos de transação afetavam a microestrutura do mercado de opções.

Empregando séries temporais, modelos ARCH e de volatilidade estocástica Andersen e Bollerslev (1998) identificaram boas previsões da volatilidade realizada futura. Em contraste, Jorion (1995) concluiu que as previsões com a volatilidade implícita de taxas cambiais geravam melhores previsões do que os modelos de séries temporais. Christensen e Prabhala (1998) reexaminaram os resultados das previsões de volatilidade implícita do índice S&P 100, apontando menor viés preditivo do que o registrado em estudos anteriores. O resultado poderia ser atribuído ao uso de uma série de tempo com maior número de observações não superpostas.

Recentemente, Glasserman e Wu (2011), usando opções sobre futuros cambiais, compararam as características da volatilidade implícita futura usando o arcabouço de volatilidade estocástica. Identificaram que as opções possuíam diferentes graus de informações sobre os preços futuros que podiam ser extraídas pela volatilidade implícita.

Fackler e King (1990) avaliaram os retornos das opções de milho, soja, boi gordo e suínos da Chicago Board of Trade (CBOT). Concluíram que os prêmios das opções podiam ser usados para obter informações sobre a distribuição probabilística dos preços, com baixo custo e atualização contínua. Contudo, os diferentes tipos de produto registravam diferentes graus de eficiência preditiva.

De forma análoga, examinando a volatilidade implícita de opções com vencimento próximo de contratos futuros de milho, soja e trigo, Simon (2002) registrou a ocorrência de robustez preditiva relevante. Além disso, a volatilidade implícita dos grãos englobava a informação fora da amostra de previsões de volatilidade sazonal. Tal fato poderia ser aplicado em estratégias operacionais com resultados financeiros positivos.

Também, Egelkraut e Garcia (2006) comparam as previsões da volatilidade futura entre a volatilidade implícita, modelos ARCH, volatilidade histórica imediata, média móvel de três anos e um índice composto, para diversos produtos agropecuários em vencimentos distintos. Concluíram que existia eficiência preditiva não viesada para alguns produtos sendo influenciada pelo menor espaço de tempo e distribuição espacial, diminuindo o grau associado de risco e incerteza da *commodity*. Egelkraut, Garcia e Sherrick (2007), usando o conteúdo informacional da estrutura a termo das volatilidades implícitas futuras das opções de milho do CME GROUP, avaliaram a eficiência preditiva, concluindo que eram previsoras eficientes. No curto prazo as previsões eram não viesadas e, para prazos mais longos, previam a direção e a magnitude da volatilidade futura.

Poteshman (2000) investigou as previsões de variância futura de opções do índice S&P 500. Concluiu que as previsões eram viesadas devido à ausência de alternativas de arbitragem e de estratégias para os formadores de mercado lucrarem com os *spreads* de compra e venda. Entretanto, grande parte do viés poderia ser eliminada pelo uso de dados de alta frequência e de modelo de precificação com valores não nulos para o preço de mercado do risco de variância e dos erros de inovação dos preços no nível.

Christoffersen e Diebold (2000) estimaram a previsibilidade da volatilidade dos retornos em horizontes entre um e 20 pregões nos mercados de ações, de taxas de câmbio e de títulos, sem aplicar nenhuma modelagem. Concluíram que, se o horizonte temporal fosse superior a dez ou vinte dias, dependendo do ativo, as previsões de volatilidade eram pouco eficientes, podiam ser melhoradas com o intervalo temporal da amostra, o uso dados de alta frequência e a adoção de métrica da volatilidade realizada.

Nesse sentido, Hayenga, Jiang e Lence (1996) apontaram que as previsões de volatilidade eram úteis para a análise e para a administração de risco das cadeias de carnes bovina e suína. A identificação de fatores explicativos para os preços a vista e futuros das cadeias de carnes melhoravam o ajuste dos modelos de previsão de preços.

Com relação à eficiência e à existência de vieses nas previsões de volatilidade implícita de opções agropecuárias, Manfredo, Leuthold e Irwin (2001) analisaram o desempenho de métodos alternativos de previsão de volatilidade para os preços a vista de boi gordo, do boi magro e do milho. O exame dos modelos de volatilidade implícita de opções de contratos futuros, de séries temporais e de especificações compostas identificou que a eficiência de nenhum método isolado superava as demais, embora houvesse evidências de que os administradores de risco e extensionistas aplicavam métodos compostos com séries temporais e volatilidade implícita quando disponíveis.

Também, Manfredo e Sanders (2004) concluíram que a volatilidade implícita de opções de boi gordo era um previsor viesado e ineficiente, apesar de englobar as previsões de modelagem GARCH em períodos fora da amostra. Adicionalmente, apontaram ajustes baseados nos testes de viés e eficiência para melhorar a robustez de previsão da volatilidade implícita, auxiliando os administradores de risco da cadeia de carne bovina a tomarem decisões mais eficazes.

Nesse sentido, Wang, Fausti e Qasmi (2011) examinaram um indicador baseado na taxa de variância de *swaps* sintetizado a partir de opções de compra e venda fora-do-dinheiro de milho. Concluíram que o indicador era uma ferramenta de previsão da variância futura mais eficiente, englobando um conjunto maior de informações e gerando menos erros preditivos do que a volatilidade implícita e a modelagem GARCH.

Entretanto, no Brasil existem poucos estudos sobre previsão de volatilidade a partir de opções agropecuárias. Aplicando a volatilidade implícita das opções de soja do CME GROUP para prever a volatilidade realizada de curto e de longo prazos da soja de Mato Grosso, Souza, Marques e Martines-Filho (2010) concluíram que as previsões de curto prazo eram eficientes, existindo vieses e assimetrias nas previsões de longo prazo. Tonin (2009), analisando as opções de café da BM&F-BOVESPA, identificou melhores resultados preditivos da volatilidade implícita comparados à volatilidade histórica.

No seu conjunto, pode-se afirmar que as pesquisas sobre previsões de volatilidade implícita de opções agropecuárias expressaram resultados distintos. Entretanto, quando identificadas previsões viesadas e ineficientes, é possível ajustar os resultados para melhorar a eficácia preditiva, auxiliando a obtenção de informações estratégicas para os administradores de risco. Nessa linha, a contribuição inédita deste estudo é a comparação, com modelos alternativos, das previsões da volatilidade realizada de curto prazo dos contratos futuros de boi gordo no Brasil, usando a volatilidade das opções negociadas na BM&F-BOVESPA, identificando ajustes nos parâmetros preditivos a partir dos testes de viés e de eficiência. A informação é um *input* estratégico para os administradores de risco da cadeia bovina do País.

### 3. Referencial Metodológico e Dados

Foram usados a volatilidade implícita das opções sobre contratos futuros de boi gordo da BM&F-BOVESPA e modelos alternativos para previsões da volatilidade realizada. O horizonte temporal foi de uma semana a frente, tomando por referência as quartas-feiras,

conforme a metodologia de Manfredo, Leuthold e Irwin (2001). Os autores concluíram que este horizonte temporal registra informações de mercado estratégicas para os agentes da cadeia produtiva de carne bovina.

Entretanto, segundo Andersen e Bollerslev (1998), a volatilidade realizada efetiva não é um parâmetro diretamente observável. Em consequência, foi necessário definir uma *proxy*, dada pelas Equações 1 e 2, adotando abordagem análoga a Jorion (1995), que definiu a volatilidade realizada como a raiz quadrada dos retornos médios quadráticos num horizonte temporal  $h$ :

$${}_t\sigma_{t+h} = \sqrt{\frac{1}{h} \sum_{j=1}^h R_{t+j}^2} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$R_t = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

${}_t\sigma_{t+h}$  = volatilidade realizada;

$R_t$  = retorno com composição contínua;

$P_t, P_{t-1}$  = preços futuros observados em  $t$  e  $t-1$ , respectivamente.

Como o objetivo era calcular a volatilidade realizada no intervalo de uma semana, a Equação 1 reduziu-se a:

$${}_t\sigma_{t+1} = \sqrt{R_{t+1}^2} \quad \text{Eq. (3)}$$

Além disso, para o cálculo da volatilidade realizada foi usada a série contínua dos preços dos contratos futuros de boi gordo da BM&F-BOVESPA com vencimento mais próximo, conforme Brittain, Garcia e Irwin (2011).

Aplicou-se a Equação 3 como *proxy* da volatilidade realizada, comparando o resultado com a volatilidade implícita no horizonte de uma semana. A seguir, para o cálculo da volatilidade implícita foi usada a fórmula de Black (1976) para a precificação de opções sobre contratos futuros de *commodities* (HULL; 2008), Equações 4 e 5:

$$V_c(x) = e^{-rT} [ Y_0 N(d_1) - x N(d_2) ] \quad \text{Eq. (4)}$$

$$V_p(x) = e^{-rT} [ x N(-d_2) - Y_0 N(-d_1) ] \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde:

$V_c(x), V_p(x)$  = valor de uma opção de compra e de venda, respectivamente, sobre uma unidade de contrato futuro de *commodity*;

$x$  = preço de exercício da opção;

$r$  = taxa de juros de um título sem risco;

$T$  = data de vencimento da opção;

$Y_0$  = preço do contrato futuro no instante de referência inicial  $t = 0$ ;

$$d_1 = \frac{\ln(Y_0/x) + \sigma^2 T/2}{\sigma\sqrt{T}};$$

$$d_2 = \frac{\ln(Y_0/x) - \sigma^2 T/2}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T};$$

$N(y)$  = função de distribuição de probabilidade cumulativa de uma distribuição normal padrão, ou seja, é a probabilidade que uma variável aleatória com distribuição normal padrão, com média zero e variância unitária, seja menor que  $y$ ;

$\sigma$  = volatilidade dos preços futuros.

Calculou-se a volatilidade implícita semanal usando: i. os valores dos prêmios das opções de compra e de venda; ii. o preço do contrato futuro de boi gordo da BM&F-BOVESPA, observados no mercado no período  $t$ , de uma semana; iii. o preço de exercício; iv. a taxa de juros de um ativo sem risco, e v. o tempo a decorrer até o vencimento,  $T-t$ , resolvendo-se implicitamente as Equações 4 e 5.

Dessa maneira, obteve-se um vetor de parâmetros  $\beta$  para a distribuição, contendo as volatilidades dos preços futuros, cuja solução pode ser obtida por qualquer método de otimização não linear de mínimos quadrados, tais como Gauss-Newton ou Levenberg-Marquadt, dentre outros. Também, foram empregadas as informações contidas nas opções de compra e venda no-dinheiro, ou seja, aquelas cujo preço de exercício é igual ao preço a vista do ativo subjacente. Para a escolha das opções no-dinheiro aplicou-se o critério de *moneyness*<sup>1</sup> de Ederington e Guan (2000), extraindo-se simultaneamente as informações contidas em várias as opções de compra e de venda, para um conjunto de preços de exercício, através das volatilidades implícitas.

Assim, a volatilidade implícita foi calculada pela média aritmética das volatilidades implícitas das opções de compra e de venda, conforme procedimento adotado por Simon (2002). Como taxa de juros dos ativos sem risco empregou-se a taxa do CDI diário com capitalização anual, base 252 dias do dia da avaliação (BACEN, 2011).

A resolução implícita das Equações 4 e 5 usou os prêmios de fechamento das quartas-feiras das opções de compra e venda no-dinheiro de boi gordo da BM&F-BOVESPA, no período amostral. A seguir, os resultados do cálculo da volatilidade implícita, com valores em base anual, foram convertidos para a periodicidade semanal, dividindo-se por  $\sqrt{52}$ .

Dessa maneira, foram aplicados os procedimentos de Manfredo e Sanders (2004). Segundo os autores, o emprego das opções no-dinheiro minimiza os problemas resultantes de aplicar a fórmula de Black (1976), desenvolvida para precificar opções européias, na avaliação de opções americanas, como são as opções de boi gordo negociadas na bolsa brasileira. Também, o uso das opções no-dinheiro minimiza o viés de alta das previsões, contendo mais informações sobre a volatilidade futura, devido à elevada liquidez. Outro ponto relevante é a existência do efeito sorriso da volatilidade (*volatility smile*) ao se calcular a volatilidade implícita com opções dentro-do-dinheiro (*in-the-money*) e fora-do-dinheiro (*out-of-money*).



Segundo Mayhew (1995), o efeito sorriso da volatilidade decorre de fricções de mercado, que impedem a precificação dos prêmios das opções segundo os modelos da família Black e Scholes (1973). Outro fato seria o processo estocástico associado ao preço do ativo subjacente diferir da hipótese de difusão log-normal suposta na modelagem Black e Scholes. Assim, eliminou-se o efeito sorriso do cálculo das volatilidades implícitas aplicando as opções no-dinheiro.

Também, para reduzir os erros de estimação na série de volatilidade implícita, foi calculada a média das opções de compra e venda, conforme Jorion (1995). Segundo Manfredo e Sanders (2004), o procedimento é consistente com a prática de mercado para avaliação das previsões com volatilidades implícitas no horizonte de uma semana.

Em adição, como modelos alternativos de previsão, foram usadas a volatilidade histórica e a avaliação simples (*naïve*), das Equações 6 e 7, respectivamente, conforme Manfredo, Leuthold e Irwin (2001):

$${}_t\hat{\sigma}_{t+1,j} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=0}^{T-1} R_{t-j,i}^2} \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde:

${}_t\hat{\sigma}_{t+1,j}$  = previsão da volatilidade do próximo período, semanal, para a *commodity*  $i$ ;

$T$  = número de retornos quadrados passados usados na previsão;

$R_{t,i}^2$  = retorno realizado na semana  $t$  para a *commodity*  $i$ ;

O retorno médio da série tem média zero.

$$\hat{\sigma}_{t,h,i} = \sqrt{\sum_{j=0}^{h-1} R_{t-j,i}^2} \quad \text{Eq. (7)}$$

Onde  $\hat{\sigma}_{t,h,i}$  é a previsão de volatilidade do  $h$ -ésimo período para a *commodity*  $i$ , com horizonte passado  $h$ .

A seguir foram efetuados os testes de desempenho das previsões de curto prazo, avaliando-se a robustez, o viés e a eficiência. Os resultados dos testes registraram o desempenho das previsões da volatilidade de curto prazo, *input* estratégico para auxiliar na gestão de risco de preços dos agentes da cadeia de carne brasileira com métricas de risco e com tomadas de decisão mais bem embasadas. Assim, foi testada a robustez das previsões de volatilidade aplicando a Equação 8, conforme Figlewski (1997) e Manfredo e Sanders (2004):

$$\sigma_{realizada,t} = \alpha + \beta\sigma_{VA,t} + \varepsilon_t \quad \text{Eq. (8)}$$

Onde:

$\sigma_{realizada,t}$  = volatilidade realizada;

$\sigma_{VA,t}$  = volatilidade alternativa, a saber implícita, média móvel e simples.

A hipótese nula de ausência de viés da Equação 8 supõe que a média do erro de previsão é nula, e que  $\sigma_{v,t}$  não é correlacionada com o erro de previsão. A seguir, foi examinado o viés das previsões com a Equação 9, aplicando-se o procedimento de Manfredo e Sanders (2004):

$$e_t = (\sigma_t - \hat{\sigma}_t) = \gamma_1 + \mu_t \quad \text{Eq. (9)}$$

Onde:

$e_t$  = erro da diferença entre as previsões da volatilidade realizada,  $\sigma_t$ , e da prevista,  $\hat{\sigma}_t$ .

A hipótese nula ( $H_0$ ) da Equação 9 é a ausência de viés,  $\gamma_1 = 0$ . A hipótese alternativa ( $H_a$ ) supõe que as previsões sistematicamente superestimam ou subestimam a volatilidade realizada se  $\gamma_1 < 0$  e  $\gamma_1 > 0$ , respectivamente.

Em adição examinou-se a eficiência do tipo fraco das previsões, conforme Manfredo e Sanders (2004). Os autores consideraram que as previsões eram fracamente eficientes caso os erros de previsão ( $e_t$ ) fossem ortogonais ao conjunto de informações e a erros de previsão anteriores. O teste de eficiência fraca foi feito com regressão simples, Equações 10 e 11:

$$e_t = \alpha_1 + \beta \hat{\sigma}_t + v_t \quad \text{Eq. (10)}$$

$$e_t = \alpha_2 + \rho e_{t-1} + v_t \quad \text{Eq. (11)}$$

Onde as variáveis foram definidas na Equação 9.

Para ilustrar, a hipótese de eficiência fraca implica  $\beta = 0$  e  $\rho = 0$ , nas Equações 10 e 11, respectivamente. Um  $\beta$  estatisticamente significativo implica que a volatilidade implícita não é um estimador eficiente e, portanto, não minimiza a variância dos erros de previsão. Além disso, um sinal negativo de  $\beta$  indica que a volatilidade implícita registra previsões com valores extremos, que resultam em erros elevados.

Adicionalmente, examinou-se a qualidade das previsões no tempo, para registrar melhorias ou não, adotando-se os procedimentos de Manfredo e Sanders (2004), avaliando a hipótese de a média das previsões da volatilidade implícita das opções de compra e venda no-dinheiro melhorar com o tempo. Foi aplicada uma regressão para testar o valor absoluto dos erros de previsão contra uma tendência, conforme a Equação 12:

$$|e_t| = \theta_1 + \theta_2 \text{Tendência}_t + v_t \quad \text{Eq. (12)}$$

A hipótese nula ( $H_0$ ) da Equação 12, de não ocorrência de melhoria sistemática, implicaria  $\theta_2 = 0$ . De outra forma, um coeficiente estatisticamente significativo demonstraria que os erros de previsão declinaram com o tempo. Tal fato poderia ser atribuído ao uso contínuo do modelo de Black (1976) para extrair a volatilidade implícita de opções de boi gordo, criando vieses e ineficiências constantes nas previsões (MANFREDO; SANDERS, 2004).

### 3.1. Dados

Foram empregados os seguintes conjuntos de dados na pesquisa:

- 1) a série contínua dos preços de ajuste futuros de boi gordo, de acordo com a BM&F-BOVESPA (2011);
- 2) os prêmios de fechamento das opções de compra e venda de boi gordo, de acordo com a BM&F-BOVESPA (2011);
- 3) a taxa do CDI diário com capitalização anual, base 252 dias do dia da avaliação, de acordo com o BACEN (2011).

Os dados foram usados como parâmetros para cálculo da volatilidade implícita, resolvendo implicitamente a fórmula de Black (1976), Equações 4 e 5.

O período analisado foi de janeiro de 2007 a dezembro de 2011. Foi escolhida a periodicidade pelos fatores de acessibilidade de dados, incremento das operações com contratos futuros e de opções de boi gordo na BM&F-BOVESPA e inclusão de diferentes regimes de preços de *commodities* (MATTOS; GARCIA, 2011; EUROPEAN COMMISSION, 2010).

Como parâmetros para o cálculo da volatilidade histórica média, usados na Equação 6, foram examinados os intervalos de três, cinco, oito, 13 e 21 semanas, escolhendo-se o valor que obteve o menor erro médio absoluto - três semanas (PARK; IRWIN, 2007).

Em adição, foram excluídos os valores de volatilidade implícita que violaram a fórmula de Black (1976), Equações 4 e 5, e os situados fora do parâmetro de dez por cento de *moneyness*. Os ajustes geraram uma série descontínua no tempo, porém com valores suficientes para prever a volatilidade realizada de uma semana a frente.

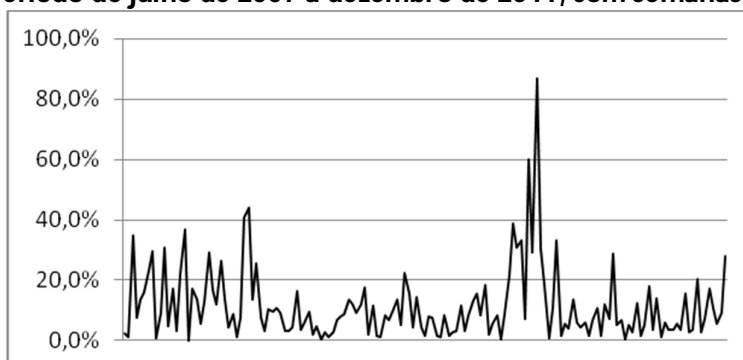
### 4. Resultados e Discussão

Para melhor apreciação, o Gráfico 1 explicita a volatilidade semanal realizada dos preços futuros de boi gordo da BM&F-BOVESPA durante o período avaliado, objeto das alternativas de previsões.

Pelo exame do Gráfico 1, observou-se que a maioria dos valores da volatilidade realizada foram inferiores a 20%, com alguns *outliers* nos períodos inicial e intermediário. Os últimos poderiam ser atribuídos à crise financeira internacional de 2008, que impactou o preço das *commodities* (EUROPEAN COMMISSION, 2009).

Em adição, as estatísticas descritivas e as medidas das previsões alternativas da volatilidade semanal realizada estão na Tabela 1.

**Gráfico 1. Volatilidade semanal realizada dos preços futuros de boi gordo. Período de julho de 2007 a dezembro de 2011, com semanas variadas.**



Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 1 - Estatísticas descritivas e medidas de precisão das previsões. Período de julho de 2007 a dezembro de 2011, com semanas variadas.**

	Média	Desvio-padrão	Min	Máx	EQM	EAM	EM
VI	0,065	0,032	0,007	0,213	0,018	0,085	0,050
VM	0,119	0,090	0,024	0,587	0,006	0,056	-0,004
VS	0,119	0,127	0,000	0,869	0,019	0,095	-0,004
VR	0,115	0,121	0,000	0,869			

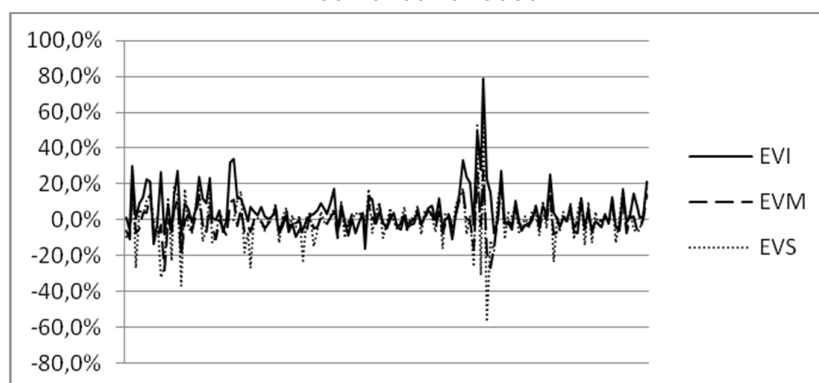
Obs.: VI = volatilidade implícita; VM = volatilidade calculada pela média móvel de 3 semanas; VS = volatilidade simples; VR = volatilidade realizada; EQM = erro quadrático médio; EAM = erro absoluto médio; EM = erro médio. N = 151.

Fonte: Dados da pesquisa.

Assim, quando comparadas com a volatilidade realizada, a média da volatilidade implícita foi inferior, enquanto as médias da volatilidade calculada pela média móvel de três semanas e da volatilidade simples foram superiores. Tal observação pode indicar uma sistemática subavaliação da volatilidade realizada pela volatilidade implícita, enquanto as previsões dos outros dois modelos de previsão situaram-se mais próximas do valor realizado. Adicionalmente, o exame do desvio-padrão da volatilidade implícita, com valor inferior aos outros valores de desvios-padrão, pode apontar a manutenção da tendência de subavaliação. Além disso, foram registrados os menores valores de tipos de erros para a volatilidade calculada pela média móvel de três semanas.

Também, foram explicitados os erros de previsão, calculados pela diferença entre a volatilidade realizada e as previsões aplicando os diferentes modelos, no Gráfico 2:

**Gráfico 2 - Erros de previsão. Período de julho de 2007 a dezembro de 2011, com semanas variadas.**



Obs.: EVI = erro da volatilidade implícita; EVM = erro da volatilidade média; EVS = erro da volatilidade simples.

Fonte: dados da pesquisa.

Da mesma forma, foram identificados os valores do erro da volatilidade calculada pela média de três semanas abaixo dos demais valores. Tal fato pareceu repetir a conclusão de que a volatilidade média registrou os menores erros.

A seguir foi calculada a robustez das previsões alternativas de volatilidade, cujos resultados estão na Tabela 2.

**Tabela 2 - Teste do viés das alternativas de volatilidade,  $\sigma_{realizada,t} = \alpha + \beta\sigma_{VA,t} + \varepsilon_t$ . Período de julho de 2007 a dezembro de 2011, com semanas variadas.  $H_0: \alpha = 0, \beta = 1$ .**

	VI	VM	VS
$\alpha$ estimado	0,104*	-0,004	0,072*
$\beta$ estimado	0,169	1,007*	0,359*
Estatística-F	0,585	0,000	0,000
$R^2$	0,002	0,567	0,143

(\*) significativo em nível de 5%, teste-t bicaudal.

Obs.: VI = volatilidade implícita; VM = volatilidade calculada pela média móvel de 3 semanas; VS = volatilidade simples. N = 151.

Fonte: dados da pesquisa.

Em adição, os resultados do teste de viés das previsões de volatilidade pareceram apontar a existência de viés na volatilidade implícita, enquanto as previsões dadas pela volatilidade calculada pela média de três semanas e pela volatilidade simples eram não viesadas. Também, o valor de  $R^2$  para a volatilidade calculada pela média de três semanas foi superior aos demais.

Em seguida, foi calculado o viés de previsão, conforme a Tabela 3.

**Tabela 3 - Teste do viés de previsão,  $e_t = \gamma_1 + \mu_t$ . Período de julho de 2007 a dezembro de 2011, com semanas variadas.  $H_0: \gamma_1 = 0$ .**

	VI	VM	VS
Estimacão de $\gamma$	0,758*	-0,031	-0,031
(teste-t)	(4,936)	(-0,564)	(-0,327)

(\*) significativo em nível de 5%, teste-t bicaudal.

Obs.: VI = volatilidade implícita; VM = volatilidade calculada pela média móvel de 3 semanas; VS = volatilidade simples; VR = volatilidade realizada.

Fonte: dados da pesquisa.

Dessa maneira, o exame dos resultados da Tabela 3 identificou a existência de viés sistemático nas previsões de volatilidade implícita. Em contraste, as previsões dos outros dois modelos não apresentaram vieses.

Também, empregaram-se os testes de eficiência preditiva dos modelos de volatilidade, conforme a Tabela 4.

**Tabela 4 - Teste de eficiência preditiva. Período de julho de 2007 a dezembro de 2011, com semanas variadas.**

	VI	VM	VS
$e_t = \alpha_1 + \beta \hat{\sigma}_t + v_t$			
$\beta$ estimado	-0,831*	0,007	-0,641*
(teste-t)	(-2,687)	(0,096)	(-8,903)
$e_t = \alpha_2 + \rho e_{t-1} + v_t$			
$\rho$ estimado	0,263*	-0,112	-0,448*
(teste-t)	(3,292)	(-1,356)	(-6,066)

(\*) significativo em nível de 5%, teste-t bicaudal.

Obs.: VI = volatilidade implícita; VM = volatilidade calculada pela média móvel de 3 semanas; VS = volatilidade simples; VR = volatilidade realizada.

Fonte: dados da pesquisa.

Dessa forma, a comparação dos testes de eficiência preditiva expressou a volatilidade calculada pela média das três semanas como a mais eficiente. Tal fato reafirmou os resultados dos testes de robustez e viés sistemático. Em adição, foram descritos os testes de melhoria com o tempo, conforme a Tabela 5.

**Tabela 5 - Teste de melhoria com o tempo,  $|e_t| = \theta_1 + \theta_2 Tendência_t + v_t$ . Período de julho de 2007 a dezembro de 2011, com semanas variadas.**

	VI	VM	VS
$\theta_2$ estimado x $10^3$	-0,157	-0,119	-0,119
(teste-t)	(-0,825)	(-1,144)	(-0,637)

Obs.: VI = volatilidade implícita; VM = volatilidade calculada pela média móvel de 3 semanas; VS = volatilidade simples; VR = volatilidade realizada.

Fonte: dados da pesquisa.

Em contraste com os resultados anteriores, o teste de melhoria com o tempo de todos os três modelos de volatilidade indicou que não ocorreram melhorias em nenhum modelo de previsão. Isto significou que os erros tendiam a repetir-se.

Em resumo, os resultados das previsões de volatilidade implícita das opções de boi gordo da BM&F-BOVESPA alinharam-se com os dos estudos similares de Manfredo e Sanders (2004) e de Brittain, Garcia e Irwin (2011). Tal fato indicou que a volatilidade implícita era um previsor da volatilidade realizada dos preços futuros de curto prazo não-robusto e ineficiente, com viés sistemático. A identificação de viés na volatilidade implícita poderia ilustrar uma precificação deficiente dos prêmios das opções. Tal fato poderia ser atribuído à microestrutura do mercado de opções, ou seja, suas características operacionais, os *spreads* de compra e venda, e a baixa liquidez do mercado. Também, outra causa poderia ser a falta de uma cultura de *hedge* com o uso de opções sobre contratos futuros pelos administradores de risco da cadeia de carne bovina do Brasil.

Dessa maneira, os baixos erros de previsão, o elevado valor do coeficiente  $R^2$ , e a rejeição das hipóteses de existência de viés sistemático e de ineficiência preditiva apontaram que o melhor modelo para previsão da volatilidade realizada dos preços futuros de boi gordo da BM&F-BOVESPA seria a volatilidade calculada pela média móvel de três semanas. Adicionalmente, a modelagem poderia ser facilmente calculada com dados disponíveis no mercado, facilitando as decisões operacionais dos administradores de risco da cadeia de carne bovina do Brasil.

## 5. Resumo e Conclusões

Esta pesquisa objetivou comparar o desempenho das previsões de curto prazo da volatilidade dos preços da carne bovina do Brasil usando a volatilidade implícita das opções de boi gordo da BM&F-BOVESPA e a volatilidade calculada com modelos alternativos. Nesse sentido, foram empregadas a volatilidade implícita extraída das opções, calculada de média histórica de três semanas, e a previsão simples (*naïve*), para prever a volatilidade realizada do contrato futuro de boi gordo com vencimento mais próximo, no horizonte de uma semana à frente, examinando o desempenho das previsões com testes de robustez, viés e eficiência. Além disso, propôs-se a adoção do modelo mais eficiente, que aplicasse

parâmetros de mercado facilmente acessíveis para efetuar previsões da volatilidade de curto prazo dos preços do contrato futuro de boi gordo.

Com efeito, a previsão da volatilidade de curto prazo dos preços futuros de boi gordo a partir de informações eficientes é um parâmetro gerencial estratégico para as decisões alocativas na cadeia da carne bovina do Brasil. As decisões de produção, de comercialização e de *hedge* podem ser ajustadas de maneira mais eficiente a partir da volatilidade esperada de curto prazo. O acompanhamento da volatilidade semanal dos preços futuros de boi gordo é uma prática administrativa generalizada para tomar decisões. Entretanto, as decisões precisam ser embasadas em parâmetros e em informações eficazes (MANFREDO; SANDERS, 2004).

Dessa forma, foram aplicados testes para avaliar a robustez, a eficiência e a melhora no tempo das informações geradas pelos três modelos de volatilidade analisados. A volatilidade implícita, calculada pelos prêmios das opções de boi gordo da BM&F-BOVESPA, registrou os valores mais baixos de previsão e a ocorrência de viés sistemático, de ineficiência e nenhuma melhoria no tempo. Os resultados alinharam-se com estudos similares de volatilidade implícita de opções de boi gordo dos EUA (BRITAIN; GARCIA; IRWIN, 2011; MANFREDO; SANDERS, 2004).

Em adição, a comparação entre os modelos de previsão de volatilidade de curto prazo apontou que os menores erros de previsão e a estimação de valores mais robustos foram registrados pela volatilidade calculada pela média de três semanas. Também, os testes da volatilidade média rejeitaram as hipóteses de viés sistemático e de ineficiência, apesar de não ocorrerem melhorias com o tempo. O último resultado também se repetiu para os modelos de volatilidade implícita e de volatilidade simples (*naïve*). Entretanto, a análise geral do desempenho das previsões apontou o modelo de volatilidade calculada com a média de três semanas como o modelo de maior eficiência preditiva.

Por exemplo, uma previsão de volatilidade de preços de curto prazo do boi gordo eficiente pode ser aplicada como parâmetro em modelos de Value-at-Risk (VaR). Adicionalmente, pode servir de medida de avaliação, de monitoramento de riscos e de fixação de preços futuros, pois geralmente a negociação de compra e venda na cadeia de boi gordo baseia-se numa fórmula de custo a partir de um indicador de preços. Outro aspecto gerencial estratégico é a avaliação dos impactos da volatilidade dos preços sobre o fluxo de caixa dos agentes da cadeia, sobre as decisões de *hedge* e sobre o momento ideal de comercialização. Nesse sentido, o modelo de volatilidade mais eficiente identificado foi o de volatilidade calculada pela média de três semanas dos preços futuros de boi gordo da BM&F-BOVESPA.

Em conclusão, o estudo identificou o modelo de volatilidade calculada pela média de três semanas como o de maior robustez, não viesado e eficiente. Entretanto o resultado limitou-se ao período analisado, podendo haver melhorias informacionais futuras em outros modelos, particularmente de volatilidade implícita, decorrentes de mudanças de desempenho operacional e de microestrutura do mercado.

Neste particular, sugerem-se, como futuras pesquisas, a avaliação de outros modelos de previsão de volatilidade dos preços futuros de boi gordo, em particular da família ARCH, e



a avaliação contínua da volatilidade implícita das opções de boi gordo e de outras *commodities* agropecuárias operadas na BM&F-BOVESPA num cenário de aumento de volume negociado. Outro campo de estudo poderia ser a previsão de volatilidades futuras das *commodities* agropecuárias brasileiras em diversos horizontes temporais.

---

#### Notas:

- i. Segundo os autores, a *moneyness* avalia o quão “dentro-do-dinheiro” estão as opções de compra e venda, calculada pelo valor presente à taxa de juros sem risco com capitalização contínua da razão entre o valor do preço a vista do ativo-subjacente e do preço de exercício da opção, no intervalo de tempo entre as datas de avaliação e de vencimento das opções.

#### Referências

- ADAM, B. D.; GARCIA, P.; HAUSER, R. J. The value of information to hedgers in the presence of futures and options. **Review of Agricultural Economics**, v. 18, n. 3, p. 437-447, 1996.
- ANDERSEN, T. G.; BOLLERSLEV, T. Answering the skeptics: yes, standard volatility models do provide accurate forecasts. **International Economic Review**, v. 39, n. 4, p. 885-905, p. 1998.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL - BACEN. Séries estatísticas. Disponível em: [www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br). Acesso em: 21/12/11.
- BLACK, F. Studies of stock price volatility changes. In: MEETINGS OF THE AMERICAN STATISTICAL ASSOCIATION. **Proceedings of the 1976 Meetings of the American Statistical Association, Business and Economics Statistics Section**. Washington: American Statistical Association, p. 177-181, 1976.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, v. 81, n. 3, p. 637-659, 1973.
- BM&F-BOVESPA. Boletim estatístico. Disponível em: [www.bmf.com.br](http://www.bmf.com.br). Acesso em: 21/12/11.
- BOEHLJE, M.; GLOY, B. Managing the risk – capturing the opportunity in crop farming. **Purdue University**. Disponível em: [http://www.agecon.purdue.edu/commercialag/progevents/Manage\\_Risk\\_Webinar/managing%20the%20risk.pdf](http://www.agecon.purdue.edu/commercialag/progevents/Manage_Risk_Webinar/managing%20the%20risk.pdf). Acesso em: 20/12/11.
- BRITTAIN, L.; GARCIA, P.; IRWIN, S. H. Live and feeder cattle options markets: returns, risk, and volatility forecasting. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 36, n. 1, p. 28-47, 2011.
- CHRISTENSEN, B. J.; PRABHALA, N. R. The relation between implied and realized volatility. **Journal of Financial Economics**, v. 50, p. 125-150, 1998.
- CHRISTOFFERSEN, P. F.; DIEBOLD, F. X. How relevant is volatility forecasting for financial risk management. **Review of Economics and Statistics**, v. 82, p. 12-22, 2000.
- EDERINGTON, L. H.; GUAN, W. Why are those options smiling ? **University of Oklahoma Center for Financial Studies Working Paper**. 2000. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.203.3541&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 30/11/11.
- EGELKRAUT, T. M.; GARCIA, P. Intermediate volatility forecasts using implied forward volatility: the performance of selected agricultural commodity options. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 1, n. 3, p. 508-528, 2006.

- EGLKRAUT, T. M.; GARCIA, P.; SHERRICK, B. J. The term structure of implied forward volatilities: recovery and informational content in the corn options market. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 89, n. 1, p. 1-11, 2007.
- EUROPEAN COMMISSION. Commodity price volatility: International and EU perspective. Directorate-general for agriculture and rural development. Agricultural Trade Policy Analysis. 2010. Disponível em: [http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/tradepol/commodityprices/240610\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/tradepol/commodityprices/240610_en.pdf). Acesso em: 30/11/11.
- FACKLER, P. L.; KING, R. P. Calibration of option-based probability assessments in agricultural commodity markets. **American Journal of Agricultural Economics**, v.72, n.1, p. 73-83, 1990.
- FIGLEWSKI, S. Forecasting Volatility. **Financial Markets, Institutions & Instruments**, v. 6, n. 1, p.1-88, 1997.
- GLASSERMAN, P.; WU, Q. Forward and future implied volatility. **International Journal of Theoretical and Applied Finance**, v. 14, n. 3, p. 407-432, 2011.
- HAYENGA, M. L.; JIANG, B.; LENCE, S. H. Improving wholesale beef and pork product cross hedging. **Agribusiness**, v. 12, n. 6, p.541-559, 1996.
- HULL, J. C. **Options, futures, and other derivatives**, 7<sup>a</sup> ed. New York: Pearson Prentice-Hall, 2008.
- JORION, P. Predicting volatility in the foreign exchange market. **The Journal of Finance**, v. 50, n. 2, p. 507-528, 1995.
- MANFREDO, M. R.; LEUTHOLD, R. M. Market risk and the cattle feeding margin: na application of value-at-risk. **Agribusiness**, v. 17, n. 3, p. 333-353, 2001.
- MANFREDO, M. R.; LEUTHOLD, R. M.; IRWIN, S. H. Forecasting fed cattle, feeder cattle, and corn cash price volatility: the accuracy of time series, implied volatility, and composite approaches. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 33, n. 3, p. 523-538, 2001.
- MANFREDO, M. R.; SANDERS, D. R. The forecasting performance of implied volatility from live cattle options contracts: implications for agribusiness risk management. **Agribusiness**, v.20, n.2, p. 217-230, 2004.
- MATTOS, F.; GARCIA, P. Changes in liquidity, cash market activity, and futures market performance: evidence from live cattle market in Brazil. NCCC-134 Conference on Applied Commodity Price Analysis, Forecasting, and Market Risk Management. St. Louis, EUA, 2001. **Anais ....** Disponível em: <http://www.farmdoc.illinois.edu/nccc134>. Acesso em: 30/11/11.
- MAYHEW, S. Implied volatility. **Financial Analysts Journal**, v. 51, n. 4, p. 8-21, 1995.
- PARK, C. H.; IRWIN, S. H. What do we know about the profitability of technical analysis ? **Journal of Economics Survey**, v. 21, n. 4, p. 786-826, 2007.
- POTESHMAN, A. M. **Forecasting future variance from option prices**. OFOR Paper Number 00-07. University of Illinois at Urbana-Champaign. 2000. 67 p. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.197.9432&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 30/11/11.
- SIMON, D. P. Implied volatility forecasts in the grains complex. **The Journal of Futures Markets**, v. 22, n. 10, p. 959-981, 2002.
- SOUZA, W. A. R.; MARQUES, P. V.; MARTINES-FILHO, J. G. O Uso da estrutura a termo das volatilidades implícitas futuras das opções de soja do CME GROUP para previsões da volatilidade e dos preços a vista em Mato Grosso. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia - SOBER, 48., Campo Grande, 2010. **Anais...Campo Grande: SOBER, 2010.** Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/15/173.pdf>. Acesso em: 01/12/11.
- TEIXEIRA, G. S.; MAIA, S. F. Impacto da febre aftosa no preço da arroba do boi gordo, recebido pelo produtor no Brasil. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 6, n. 2, p. 195-214, 2008.

TONIN, J. M. **Aplicabilidade dos modelos de precificação para as opções sobre contratos futuros de café arábica na BM&F-BOVESPA**. 2009. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Disponível em: <[http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde\\_arquivos/6/TDE-2010-06-09T123248Z-2268/Publico/texto%20completo.pdf](http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_arquivos/6/TDE-2010-06-09T123248Z-2268/Publico/texto%20completo.pdf)>. Acesso em: 01/12/11.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. 2011. **Livestock and poultry: world markets and trade**. Out./2011. Disponível em: [http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock\\_poultry.pdf](http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf) . Acesso em: 19/12/11.

WANG, Z.; FAUSTI, S. W.; QASMI, B. A. Variance risk premiums and predictive power of alternative forward variances in the corn market. **The Journal of Futures Markets**, v. 00, n. 00, p. 1–22, 2001. DOI: 10.1002/fut.20527.