

## ***Cross hedging* do novilho argentino no mercado futuro do boi gordo brasileiro**

Recebimento dos originais: 13/05/2012  
Aceitação para publicação: 09/05/2013

### **Odilon José de Oliveira Neto**

Doutorando em Administração de Empresas EAESP/FGV  
Instituição: Escola de Administração de Empresas de São Paulo/Fundação Getulio Vargas  
Endereço: Rua 20, 1600, Bairro Tupã, Ituiutaba/MG.  
CEP: 38304-402.  
E-mail: [odilon.neto@gmail.br](mailto:odilon.neto@gmail.br)

### **Fabio Gallo Garcia**

Doutor em Administração de Empresas pela EAESP/FGV  
Instituição: Escola de Administração de Empresas de São Paulo/Fundação Getulio Vargas  
Endereço: Avenida 9 de Julho, 2029 - 8º andar, Bela Vista, São Paulo/SP.  
CEP: 01313-902.  
E-mail: [fabio.gallo@fgv.br](mailto:fabio.gallo@fgv.br)

### **Resumo**

O presente estudo verifica a efetividade das operações de *cross hedge* para os novilhos argentinos por meio da negociação com contratos futuros de boi gordo brasileiro da Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros - São Paulo/Brasil (BM&FBovespa). A hipótese testada é de que a combinação ótima de contratos no mercado futuro do boi gordo brasileiro com a posição a vista no mercado do novilho argentino, é eficiente na maximização da utilidade esperada em termos da mitigação do risco de preços. O crescimento da atuação de multinacionais brasileiras do ramo de frigoríficos na Argentina; e a apuração de que, na Argentina, diversas tentativas de negociação de contratos futuros de carne bovina foram frustradas ao longo dos anos, são elementos que justificam a realização deste estudo. A efetividade do *cross hedging* foi verificada pela aplicação das estratégias de cobertura completa e ótima. Os modelos de variância mínima de Ederington (1979) e *bekk* de Engle e Kroner (1995) e Baba *et. al.* (1990) foram usados para estimação da razão de *cross hedge* ótima. Os resultados mostram que são consistentes as evidências de eficiência do mercado futuro do boi gordo brasileiro na administração do risco de preços a vista dos novilhos argentinos.

**Palavras-chave:** Boi Gordo. *Cross Hedging*. Mercado Futuro.

### **1. Introdução**

O conjunto de operações e negócios relacionados aos mercados agrícolas e agroindustriais, conhecido por agronegócio, é responsável por grande parte das riquezas geradas por importantes economias sul-americanas.

Em 2010, o agronegócio representou 23% e 32% do produto interno bruto (PIB) brasileiro e argentino, com o mercado da carne bovina respondendo por algo em torno de 13% e 15% do PIB do setor, respectivamente. Nesse mesmo ano, o Brasil, com 185,16 milhões de bovinos, produção de 9,12 milhões de toneladas de carne bovina, sendo 1,56 milhões de toneladas destinados à exportação e 7,56 milhões de toneladas direcionados ao mercado interno, destacava-se, no mercado mundial, como detentor do maior rebanho comercial, maior exportador, segundo maior produtor, e segundo mercado consumidor da *commodity*, no mundo (CEPEA, 2011; MAGYP, 2011; USDA, 2011).

Nesse mesmo período, a Argentina com rebanho de, aproximadamente 49,05 milhões de bovinos, produziu, cerca de, 2,60 milhões de toneladas de carne bovina, com 300 mil toneladas exportadas e 2,30 milhões de toneladas consumidas internamente. Esses números colocam a Argentina na quarta posição no *ranking* em rebanho comercial, produção e consumo de carne bovina, e oitava posição na exportação da *commodity* no mundo (MAGYP, 2011; USDA, 2011).

As exportações de carne bovina brasileira e argentina representam respectivamente, 20,77% e 3,92%, das exportações mundiais da *commodity*. Porém, ressalta-se que, a partir de 2005, as inúmeras intervenções do governo federal argentino na cadeia produtiva limitaram a abrangência mercadológica da carne bovina argentina (MAGYP, 2011; USDA, 2011).

Essas restrições compreendem aumento de taxas de exportação, restrições ao peso para o abate de bovinos, limitação das cotas de exportação pela cota *hilton* por 180 dias e, em curto espaço de tempo, até mesmo, proibição das exportações.

Mesmo diante dessa conjuntura, uma significativa atuação de multinacionais brasileiras do segmento de carne bovina na Argentina ocorreu partir do segundo semestre de 2005, ao se caracterizar, principalmente, pela aquisição de indústrias frigoríficas locais.

A capacidade instalada de multinacionais brasileiras para abate de bovinos na Argentina atingiu, perto de, 15% do total, no ano de 2010. Nesse mesmo período, 82,75% da carne bovina brasileira e argentina apresentaram destino comum no mercado internacional (MAGYP, 2011).

Apesar dos números significativos do mercado da carne bovina, diferente do Brasil, a Argentina carece de instrumentos derivativos (ou, contratos padronizados) negociados em bolsa organizada de mercadorias e futuros direcionados ao gerenciamento dos preços alvo, o que, conseqüentemente, limita a capacidade de redução dos riscos de preços gerada pelas incertezas do mercado a vista de bovinos de corte.

Na Argentina, diversas tentativas de negociação de contratos futuros de bovinos e de índice de preços de carne bovina foram frustradas ao longo dos anos, sendo estes derivativos lançados e, em um curto espaço de tempo, fracassados por falta de liquidez.

Investigações como as de Comiso (2007) e Dopchiz (2008), apontam para elementos responsáveis pelo curto ciclo de vida dos contratos futuros de carne bovina na Argentina. Entre esses, destacam-se contratos futuros, que não atendiam a interesses comuns dos agentes da cadeia produtiva, e a incompatibilidade dos padrões dos derivativos em termos de tamanho, vencimento e margens de garantia, entre outros.

São adicionados aos problemas enfrentados por agentes da cadeia produtiva da carne bovina na gestão dos preços, a volatilidade das variáveis econômicas, como, taxas de câmbio internacionais, taxas de juros, oferta e demanda mundial de *commodities* agropecuárias e, também, características particulares dos mercados agrícolas, como sazonalidade, clima, qualidade da produção, infraestrutura logística, políticas agrícolas, barreiras sanitárias e tarifárias, intervenções governamentais, entre outras, que demandam ainda mais atenção para a administração do preço.

Nesse cenário, os derivativos negociados em mercados futuros apresentam-se como instrumentos que têm por objetivo reduzir os riscos de preços dos participantes do mercado a vista, o que é possível a partir do *hedging*, que é uma operação em que o agente toma uma posição no mercado futuro contrária ao posicionamento no mercado a vista com a finalidade de mitigar o risco financeiro da volatilidade de preços de determinado ativo ou *commodity* no mercado a vista (ADAM-MÜLLER e NOLTE, 2011; ZANOTTI, GABBI e GERANIO, 2010)

Em situações nas quais não se encontram no mercado financeiro instrumentos de *hedging* que replicam perfeitamente a exposição de agentes no mercado a vista, não se descarta a possibilidade do gerenciamento do risco de preços, o que é possível por meio de um *hedge* cruzado, denominado internacionalmente por *cross hedging*. (ADAM-MÜLLER e NOLTE, 2011; BROOKS, DAVIES e KIN, 2007)

Logo, ao considerar as diferenças de produção e comercialização de bovinos de corte e as particularidades do mercado da carne bovina brasileira e argentina, e a problemática no gerenciamento dos preços, em especial, a enfrentada pelos agentes da cadeia produtiva da carne bovina argentina, é que emerge a questão: as operações de *cross hedge* com contratos futuros de boi gordo da Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros - São Paulo/Brasil

(BM&FBovespa) são eficientes para a administração do risco de preços dos novilhos de corte no mercado a vista argentino?

Por conseguinte, este estudo tem por objetivo verificar a efetividade das operações de *cross hedge* para os novilhos argentinos por meio da negociação com contratos futuros de boi gordo brasileiro.

A relevância da bovinocultura de corte, para economia brasileira e argentina, no conjunto da produção, consumo interno e exportação, assim como o número de agentes envolvidos no mercado da carne bovina, também, contribuem para o ajuizamento da importância do estudo proposto. O artigo segue estruturado em quatro partes, são elas: revisão de literatura, metodologia, apresentação e análise dos resultados e conclusões.

## **2. Revisão de literatura**

### **2.1. *Cross hedging*: particularidades e estudos relevantes**

Anderson e Danthine (1981) apresentaram uma descrição teórica alternativa do *hedging* em mercados futuros, que discorre sobre o comportamento de uma ampla classe de agentes. De acordo com os autores, quando se trata de um ativo cujo contrato futuro com as mesmas características do mercado físico não existe, o *cross hedging* pode ser uma estratégia adequada. Nesse sentido, a razão de *cross hedge* é estimada exatamente da mesma maneira como em uma operação *hedge* padrão (ou seja, operação de proteção no mercado futuro cujo o ativo no mercado físico e o contrato futuro apresentam as mesmas especificidades).

O *hedge* perfeito é uma operação bastante incomum, isto porque os contratos futuros raramente são perfeitos substitutos do mercado a vista, assim como, a relação entre o preço a vista dos ativos e os preços futuros no momento da entrega dificilmente podem ser previstos com certeza. Assim sendo, justifica-se a aquisição de um ou vários contratos que contribuam para a redução do risco, conforme celebra a abordagem da teoria de carteiras (ANDERSON e DANTHINE, 1981).

O fato de que, em determinados mercados, as operações de *hedge* estão suscetíveis a não existência de contratos futuros compatíveis com o padrão do ativo no mercado físico, não só foi um dos principais fatores motivadores da concepção do *cross hedging*, como também implicou a realização de vários testes empíricos sobre seu desempenho.

Um dos estudos pioneiros sobre *cross hedging* foi o de Howard e D'antonio (1984), que afirmaram que, quando o ativo a ser protegido e o contrato futuro são muito similares, o *cross hedging*, pode ser tão eficiente quanto, se não melhor do que, um *hedging* padrão.

Elam, Miller e Holder (1986) verificaram a viabilidade de vendas futuras de farelo de arroz por meio de operações de *cross hedge*. Os contratos futuros de milho, trigo, aveia, farelo de soja foram considerados como alternativas simples e múltiplas de operações de *cross hedge* para o milho. Os resultados das simulações indicaram que o *cross hedging* com o futuro do milho apresenta como a alternativa mais eficaz que o *cross hedging* múltiplo para redução do risco de preços.

A carência de contratos futuros para alimentos como o glúten e farelo de milho, e a consequente exposição dos comerciantes, das fábricas de ração e dos demais usuários destes produtos aos riscos de preços, foram o ponto de partida da investigação de Houston e Ames (1986).

Nesse estudo, foram evidenciadas oportunidades para melhorar o gerenciamento do risco e da previsibilidade dos preços por meio da utilização do *cross hedging* com contratos futuros de outras *commodities*, o que, evidentemente, era atraente para os participantes do mercado de glúten e farelo de milho.

Hayenga, Jiang e Lence (1996) analisaram as possíveis causas para o baixo desempenho das operações de *hedge* para os participantes da indústria de processamento e comercialização de carne.

Métodos alternativos de gestão de risco de preço foram apresentados e avaliados. A análise empírica realizada por Hayenga, Jiang e Lence (1996) sugeriu que as empresas de abate e os comerciantes de carne de porco e carne de bovina dos EUA deviam considerar seriamente o uso de modelos mais sofisticados de estimação do *cross hedge* ótimo para aperfeiçoar o desempenho inferior de alguns contratos futuros e das operações de *hedge* padrão utilizados até aquele momento.

Os testes empíricos sobre a efetividade do *cross hedging* com *commodities* agrícolas também comparam o desempenho em operações em diferentes bolsas. Este é o caso da pesquisa de Brorsen, Buck e Koontz (1998), que verificaram quando os *hedgers* devem usar a *Chicago Board of Trade* (CBOT) ou *Kansas City Board Of Trade* (KCBT) para gerenciar os riscos de preço do trigo duro vermelho de inverno.

Os resultados da investigação de Brorsen, Buck e Koontz (1998) apontaram que, em quase todas as circunstâncias, o produtor maximizaria a utilidade esperada em termos de mitigação do risco negociando contratos na KCBT.

Os resultados indicaram ainda que as diferenças em custos e liquidez entre a KCBT e a CBOT são pequenas, o que permitiria aos *hedgers* um desempenho superior em mitigação do risco, usando a KCBT.

Rahman, Turner e Costa (2001), ao analisar a viabilidade do *cross hedge* do farelo de algodão com futuros de farelo de soja a partir da aplicação de um modelo de regressão linear simples dos preços à vista do farelo de algodão sobre futuro do farelo de soja, verificaram a relação direta do movimento dos preços. Ao utilizar as estimativas de razão de *cross hedge* ótima, os preços líquidos realizados foram calculados por sete diferentes mercados a vista. Os preços líquidos obtidos foram superiores aos preços a vista em três dos quatro anos avaliados. As análises empíricas sugeriram que os contratos futuros de farelo de soja poderiam ser usados como estratégia de *cross hedging* potencial para o farelo de algodão no mercado a vista.

Testes empíricos com ativos não agrícolas também contribuíram para a pesquisa sobre gerenciamento de risco por estratégias de *cross hedging*. Dentre estes, destacam-se os de, Glen e Jorion (1993), que concluíram que a adição de contratos futuros de moeda estrangeira para uma posição predeterminada em ações e títulos internacionais melhora a eficiência da carteira; Mun e Morgan (1997), que indicaram uma abordagem que pode ajudar os gerentes de banco comparar o desempenho do *cross hedging* de futuros de moedas e identificar a melhor estratégia de cobertura ótima; Broll (1997), que sugeriu que um duplo *cross hedging* pode reduzir completamente a estrutura a dois níveis de incertezas da taxa de câmbio; e Gagnon, Lypny e McCurdy (1999), que corroboraram a conclusão de Broll (1997), ao demonstrar que os efeitos de um *cross hedging* multimoeda conduz a ganhos de eficiência.

Estudos que contemplam a proteção contra o risco de preço de ações têm sido foco da recente pesquisa relacionada ao *cross hedging*. Brooks, Davies e Kin (2007) avaliaram a eficiência das operações de *cross hedge* de ações individuais, com contratos futuros de índices de ações, e descobriram que o desempenho em termos de redução de risco é bastante significativo.

Já, Alexander e Barbosa (2005), investigaram quais as estratégias de *cross hedging* ótimas, no curto prazo, baseadas nos métodos dos mínimos quadrados ordinários e modelos heterocedásticos, para fundos de investimento referenciados em índice composto por uma carteira teórica de ações (em inglês, *exchange traded funds* - ETFs) utilizando contratos de índices de ações. Os resultados apontaram para uma redução significativa do risco, apesar da baixa volatilidade da base das ações que constituem os ETFs.

Hsu, Tseng e Wang (2008) ampliaram o debate sobre métodos para estimação da razão ótima e efetividade do *cross hedging*, e ressaltaram que uma série de estudos anteriores demonstrou que a abordagem tradicional baseada em regressão simples, é inadequada para a cobertura com futuros.

Logo, foi proposta uma classe de modelos para estimar a razão ótima e comparar a respectiva efetividade com a de outros modelos de estimação da razão de *cross hedge*, incluindo os modelos de regressão convencionais estáticos e os modelos dinâmicos heterocedásticos.

Os resultados empíricos mostraram que tanto para os testes dentro da amostra, quanto para fora da amostra, os métodos de estimação baseados nos modelos dinâmicos heterocedásticos são mais eficazes que os métodos estáticos convencionais.

## **2.2. Pesquisa sobre *cross hedging* no Brasil**

No Brasil, até o ano de 2012, apenas quatro estudos sobre *cross hedging* publicados em periódicos qualificados pelo sistema *Qualis* da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) foram encontrados.

Trata-se dos estudos de Maia e Aguiar (2010), Martins e Aguiar (2004), Silva, Aguiar e Lima (2003) e Silveira e Ferreira Filho (2003), ambos caracterizados pela análise da capacidade de mitigação do risco de preço de produtos agrícolas nacionais por meio do *hedging* e *cross hedging* na BM&FBovespa e CBOT.

Esses estudos sobre *cross hedging* concentram-se na *commodity* soja e seus derivados e utilizam modelos de regressão com base nos mínimos quadrados ordinários na estimação da razão ótima. A exceção é o estudo de Silveira e Ferreira Filho que verificaram uma baixa efetividade do *cross hedging* para o bezerro com contratos futuros de boi gordo na BM&F.

O estudo de Silva, Aguiar e Lima (2003) refere-se a uma análise da viabilidade dos contratos futuros de soja em grão da BM&F e dos contratos futuros da CBOT para o gerenciamento de risco dos *traders* de grãos, farelo e óleo de soja. Foram utilizadas cotações diárias de preços, entre os meses de agosto de 1998 e setembro de 2000, nos testes empíricos.

O *cross hedging* com o contrato futuro da soja da BM&F registrou baixa efetividade de administração do risco. Para o farelo de soja, apesar da baixa efetividade, constataram-se vantagens para o *cross hedging* com o contrato de farelo da CBOT.

Para o óleo de soja, os resultados também foram favoráveis ao *cross hedging* na CBOT. Para a soja em grão, o contrato futuro de soja em grão da BM&F evidenciou desempenho superior, quando comparado com o contrato futuro da CBOT.

Martins e Aguiar (2004) também investigaram a efetividade do *cross hedging* para a soja de diversas regiões produtoras do Brasil, a partir de operações realizadas com contratos futuros na CBOT, por meio de cotações diárias entre 2000 e 2004.

Os resultados apontaram que, no segundo semestre, o desempenho é maior para a maioria das regiões estudadas, com, aproximadamente, 60% de redução de risco, enquanto, no primeiro semestre, gira em torno de 35%.

Recentemente, Maia e Aguiar (2010) avaliaram os retornos e os riscos de estratégias de *hedging* e *cross hedging* para as dez principais regiões produtoras de soja do Brasil em relação aos contratos futuros de soja da CBOT. Os resultados demonstraram um fortalecimento da base entre maio e novembro, seguido por enfraquecimento da base nos seis meses seguintes. Os resultados para as operações de *cross hedge* de compra apresentaram maiores oportunidades de retornos, no entanto, os riscos estimados para esta operação também foram maiores.

Conforme pode ser notado, os estudos publicados em periódicos qualificados nacionais basearam-se na estimação da razão de *cross hedge* ótima, pelo paradigma estático de proporção ideal.

Diante dessa constatação, a presente pesquisa parte da premissa de que a volatilidade do mercado pode ser variável e, devido a esta particularidade, a razão de *cross hedge* ótima deve também ser estimada por um paradigma dinâmico, uma vez que não é diretamente observável.

Assim sendo, foi também empregado um modelo autorregressivo de heterocedasticidade condicional generalizada que equaciona a volatilidade e, ao mesmo tempo, possibilita maior parcimônia ao cômputo dos parâmetros da razão de *cross hedge* ótima.

### **3. Metodologia**

A presente pesquisa caracteriza-se como quantitativa do tipo descritiva. Neste sentido, buscou-se estabelecer a relação entre causa e efeito das variáveis visando determinar uma base de estimação com rigor exigido pelos testes de hipóteses.



A análise de séries temporais foi utilizada com o propósito de verificar as dinâmicas e as estruturas temporais dos dados. A partir do teste da raiz unitária de Phillips e Perron (1988) foi possível identificar com maior acurácia se as séries são integradas de mesma ordem, ou seja,  $I(1)$ .

Os testes de *Phillips-Perron* para estacionariedade verificam as hipóteses nula e alternativa:  $H_0: y_t \sim I(1)$  e  $H_1: y_t \sim I(0)$ . Na sequência, foram aplicados os métodos de estimação da razão de *cross hedge* ótima e analisada a efetividade em termos de mitigação do risco.

As análises das séries temporais e de regressão foram apoiadas pelo uso do *software Eviews 7.0*. Para estruturação das equações foi usado o *software Mathtype 5*. Já o tratamento dos dados apoiou-se no uso do *software Microsoft Excel* versão 2007.

### 3.1. Dados e Procedimentos

As séries diárias de preços do mercado a vista dos novilhos de corte argentinos e preços futuros da arroba do boi gordo brasileiro na BM&FBovespa, empregados para verificar a efetividade do *cross hedging*, compreendem o período entre 02 de janeiro de 2002 e 13 de maio de 2011.

As cotações diárias referentes ao indicador de preços futuros da arroba do boi gordo brasileiro foram obtidas junto ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), responsável pela divulgação diária de preços de ajuste diário dos contratos futuros. O Indicador é definido, originalmente, em reais e, também, divulgado em dólares americanos.

O contrato futuro do boi gordo refere-se a 330 arrobas líquidas. O boi gordo brasileiro é caracterizado como um bovino macho, vivo, castrado, com carcaça convexa, alimentado a pasto ou confinamento, com peso entre 450 e 550 quilogramas e idade máxima de 42 meses (BM&FBOVESPA, 2012).

As cotações diárias referentes aos preços a vista dos novilhos de corte argentinos foram obtidas junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Pesca da Argentina (MAGYP) e referem-se aos preços a vista praticados no Mercado de Liniers S.A, que é o mais importante centro de transações a vista de bovinos na Argentina. Os preços dos novilhos argentinos (novilho precoce e novilho adulto) são cotados por quilograma/peso vivo, e a moeda referencial é o peso argentino.

O novilho precoce argentino é um bovino macho, jovem, vivo, castrado, apresentando entre dois e quatro dentes incisivos definitivos, com carcaça retilínea, alimentado a pasto ou confinamento, com peso entre 300 e 430 quilogramas e idade em torno de 30 meses.

Já o novilho adulto argentino diferencia-se por ter, no mínimo seis dentes incisivos permanentes, conformação de carcaça entre subconvexa e convexa, peso entre 431 e 520 quilogramas e idade entre 30 e 42 meses.

Os preços a vista dos novilhos argentinos foram transformados em dólar conforme cotação diária do Banco Central da República da Argentina e, em seguida, transformados em arrobas líquidas, considerando o aproveitamento equivalente à carcaça de 50%.

As séries diárias de preços a vista e futuros tiveram as datas equiparadas, ou seja, a presença de dias sem cotação foi eliminada da amostra. Verificou-se, também, a presença de *outliers* não legítimos nas séries de preços, sendo estes retirados após a identificação.

Em seguida, os preços foram logaritimizados visando remover as tendências exponenciais e, ao mesmo tempo, seguir os procedimentos adotados nas principais pesquisas sobre gerenciamento de risco de preços em mercados futuros.

### 3.2. Testes de hipóteses

O presente estudo testa a hipótese de que combinação ótima de contratos, no mercado futuro do boi gordo brasileiro, com a posição a vista no mercado do novilho argentino é eficiente na maximização da utilidade esperada em termos da mitigação do risco de preços. A eficiência desta combinação é efeito da relação da troca do risco de preço no mercado a vista pelo risco de base resultante do *cross hedging* no mercado futuro.

A hipótese foi testada por meio da mitigação do risco conseguido pela combinação ótima entre o mercado futuro e o mercado a vista, também conhecida por estimativa de efetividade do *hedge*, de Ederington (1979).

A estimativa de efetividade foi aplicada com a finalidade de analisar o desempenho em termos de redução de risco das carteiras protegidas pela razão de *cross hedge* ótima, computada pelos modelos estáticos e dinâmicos. A efetividade do *cross hedging* foi obtida pela equação 1.

$$e_{ch} = 1 - \frac{\text{var}(H^*)}{\text{var}(U)} \quad (1)$$

Onde:  $e_{ch}$ , é a efetividade do *cross hedging*;  $\text{var}(U) = \sigma_s^2$ , é a variância da carteira não protegida;  $\text{var}(H^*) = \sigma_s^2 + h^{*2}\sigma_f^2 - 2h^*\sigma_{sf}^2$ , é a variância mínima da carteira protegida;  $\sigma_f^2$ , é a variância dos preços futuros;  $\sigma_{sf}^2$ , é a covariância entre preços a vista e futuros e;  $h^*$ , é a razão de *cross hedge* ótima. Assim, são testadas, a hipótese nula e hipótese alternativa, para efetividade do *cross hedge*.

$H_0 : e_{ch} \leq 0$ , o *cross hedging* não é eficiente.

$H_1 : e_{ch} > 0$ , o *cross hedging* é eficiente.

No caso da rejeição da  $H_0$  e não rejeição da  $H_1$ , o nível de eficiência do *cross hedging* varia entre 0 e 1. Multiplicado por cem, os valores demonstram o desempenho percentual em capacidade de mitigação do risco.

### 3.3. Métodos de estimação da razão de *cross hedge* ótima

Para testar a hipótese de eficiência das operações de *cross hedge*, optou-se pela aplicação de métodos, estático e dinâmico, de estimação da razão de *cross hedge* ótimo, que, ao mesmo tempo, atendem às necessidades da investigação e são referências na pesquisa sobre gerenciamento de risco em mercados futuros.

Porém, a hipótese de eficiência do *cross hedging* foi verificada inicialmente pela estratégia de cobertura completa, também conhecida por *hedge* ingênuo ou *hedge* simples (em inglês, *naive hedge* ou *full hedge*).

O modelo de estimação estático da razão de *cross hedge*, baseado no método dos mínimos quadrados ordinários, assume que a matriz de covariância condicional dos retornos a vista e futuros são constantes no tempo e que a posição ótima em futuros por consequência é constante, sendo esta, obtida pela inclinação de uma regressão entre os preços futuros e a vista (EDERINGTON e SALAS, 2008; BROOKS, DAVIES e KIN, 2004).

Por outro lado, os cálculos da razão ótima em mercados futuros pelos métodos de estimação dinâmica reconhecem que a ocorrência de volatilidade condicional altera a forma pela qual as operações de *hedge* e *cross hedge* devem ser desenvolvidas, e que, quando constatada esta volatilidade condicional, a variância e a covariância se alteram no tempo,

tornando-se fundamental o uso de um método que permita estimar tais alterações (ZANOTTI, GABBI e GERANIO, 2010; BROOKS, DAVIES e KIN, 2004).

O critério adotado para a definição dos métodos de estimação da razão ótima e a efetividade das operações *cross hedge*, a serem testados empiricamente, baseou-se na aplicação desses em importantes recentes. Em comum, essas investigações comparam a robustez e equilíbrio dos métodos de estimação da razão ótima em futuros e seu desempenho em mitigação do risco, dentre essas, destacam-se as de: Adam-Müller e Nolte (2011), Zanotti, Gabbi e Geranio (2010), Harris, Shen e Stoja (2010) e Brooks, Davies e Kin (2007).

Neste contexto, foi definido para o modelo de variância mínima para cálculo da razão de *cross hedge* ótima constante. Por outro lado, o modelo de estimação dinâmica selecionado para o cômputo da razão de *cross hedge* ótima foi o modelo de heterocedasticidade autorregressiva generalizada (GARCH) *bekk* de Engle e Kroner (1995) e Baba *et. al.* (1990).

### 3.3.1. Modelo de variância mínima

Entre os modelos de regressão aplicados nos testes empíricos em pesquisas de *hedge*, o mais comumente utilizado é o modelo de Ederington (1979), conhecido como modelo de variância mínima, que é conseguido por meio da regressão da variação dos preços a vista sobre variação dos preços futuros. A razão de *hedge* de mínima variância de Ederington (1979) para determinado período é estimada conforme equação 2.

$$\Delta S = \alpha + \beta \Delta F + u_t \quad (2)$$

Onde:  $\alpha$ , é uma constante;  $\Delta S_t$  e  $\Delta F_t$ , representam, respectivamente, as variações dos preços a vista e futuros durante o período de tempo igual à vida do *hedging* e;  $\beta$ , é a razão de *hedge* ótima,  $h^*$ , e;  $u_t$ , compreende o termo do erro da estimação pelos mínimos quadrados ordinários.

Uma vez estimada a razão de *hedge* de variância mínima, é necessário avaliar a capacidade de redução do risco pelo seu uso, ou seja, a efetividade do *hedge*. Desse modo, assume-se que o nível máximo de proteção será alcançado quando os preços a vista e futuros apresentarem correlação positiva perfeita, e será diminuído conforme a correlação siga direção inversa (EDERINGTON e SALAS, 2008; EDERINGTON, 1979).

Baseado nisso, Ederington (1979) determinam que a efetividade do *hedging* seja estimada com base no método dos mínimos quadrados ordinários, conforme equação 3.

$$e = \left( \sigma_{sf}^2 / \sigma_s^2 \sigma_f^2 \right) = \rho^2 \quad (3)$$

Onde,  $\rho^2$ , é o coeficiente de determinação  $R^2$ , entre a variância dos preços a vista  $\sigma_s^2$  e a variância dos preços futuros  $\sigma_f^2$ . O resultado conseguido pela aplicação da equação 3 é idêntico ao estimado pela equação 1.

Apesar de amplamente aplicado na pesquisa sobre *hedge*, o modelo de variância mínima recebeu diversas críticas ao longo dos anos, advindas, principalmente, dos estudos recentes sobre econometria de séries temporais.

Dentre as críticas recebidas, salienta-se a de Park e Bera (1987), que assinalaram que o modelo regressão simples não é apropriado para estimação da razão de *hedge* ótima, uma vez que ignora a heterocedasticidade freqüentemente encontrada em séries financeiras.

Entre as limitações levantadas pela crítica sobre o modelo de variância mínima, destaca-se a que recai sobre o fato de que os modelos baseados nos mínimos quadrados ordinários não consideram a distribuição condicional dos preços a vista e futuros, assim como compreendem, implicitamente, que o risco do mercado a vista e do mercado futuro é o mesmo ao longo do tempo, o que condiciona a uma estimativa de razão de *hedge* constante.

A hipótese de que a razão de *hedge* ótima é constante ao longo do tempo contrasta com a realidade na concepção de Engle (1982), Bollerslev, Engle e Wooldridge (1988), Baillie e Myers (1991), Engle (2002), Cotter e Hanly (2006), Zanotti, Gabbi e Geranio (2010), entre outros. Estes estudos verificaram que novas informações produzem mudanças no risco de diferentes ativos, e, portanto, a posição ótima em futuros que mitiga o risco das oscilações de preços no mercado a vista também são variáveis no tempo.

### 3.3.2. Modelo heterocedástico diagonal *bek*

A aplicação dos modelos heterocedásticos, conhecidos também como modelos dinâmicos nos estudos sobre *hedge*, tem como marco o artigo de Bollerslev, Engle e Wooldridge (1988), que generalizaram o modelo GARCH univariado para uma dimensão

multivariada para, simultaneamente, modelar a variância condicional e a covariância de duas séries interdependentes.

A partir da aplicação do modelo de Bollerslev, Engle e Wooldridge (1988), Baillie e Myers (1991) foram pioneiros ao demonstrar que a dependência de sucessivas alterações nos preços de ativos pode ser modelada por meio do modelo GARCH, uma vez que a variância condicional de uma série temporal depende do quadrado dos resíduos do processo.

Choudhry (2004) corrobora essa premissa, ao assegurar que, com essa modelagem, se tem, ainda, a vantagem de incorporar heterocedasticidade para o procedimento de estimação e capturar a tendência para o agrupamento de volatilidade dos dados financeiros.

Dentre os modelos GARCH multivariados, um sobressai pelo uso mínimo de parâmetros, mesmo sem a imposição de restrições de equações cruzadas que assegurem a definição positiva para quaisquer valores dos parâmetros, trata-se do modelo *bekk* de Engle e Kroner (1995) proposto, inicialmente, por Baba *et al.* (1990).

Segundo Bueno (2008) e Alexander (2005), nesse modelo, a matriz de covariância condicional tem a seguinte parametrização.

$$H_t = C'C + \sum_{i=1}^q A_i' \varepsilon_{t-i} \varepsilon_{t-i}' + \sum_{j=1}^p B_j H_{t-j} B_j \quad (4)$$

Onde:  $C$ ,  $A_i$  e  $B_j$  são matrizes dos parâmetros ( $n \times n$ ), com  $n=2$  no caso bivariado;  $C$  é a matriz triangular superior e;  $p$  e  $q$ , são as ordens do modelo e;  $n$ , o número de séries utilizadas. A compreensão da matriz  $C$  como triangular superior tem como base a covariância não condicional, em que os elementos diagonais são iguais.

O modelo *bekk* envolve uma parametrização generalizada e inclui todas as possibilidades de representações vetoriais positivas (ALEXANDER, 2005; ENGLE e KRONER, 1995). Boutouria e Abid (2010) expõem o modelo proposto por Engle e Kroner (1995) da seguinte forma:

$$\begin{cases} R_{s_t} = \mu_s + e_{s_t} \\ R_{f_t} = \mu_f + e_{f_t} \end{cases} \quad \& \quad e_t \left| \Psi_{t-1} = \begin{bmatrix} e_{s_t} \\ e_{f_t} \end{bmatrix} \right| \Psi_{t-1} \sim N(0, H_t) \quad (5)$$

Onde,  $e_{s_t}$  e  $e_{f_t}$ , são distúrbios;  $\Psi_{t-1}$ , são informações disponíveis no tempo  $t-1$ ;  $N$ , é a função de densidade normal bivariada; e  $H_t$ , é uma matriz de covariância condicional definida positiva no tempo  $t$ , especificada como:

$$\left\{ \begin{aligned} H_t = \begin{bmatrix} h_{s_t}^2 & h_{s_t f_t} \\ h_{s_t f_t} & h_{f_t}^2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \gamma_{ss} & 0 \\ \gamma_{sf} & \gamma_{ff} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \gamma_{ss} & 0 \\ \gamma_{sf} & \gamma_{ff} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{ss} & \alpha_{sf} \\ \alpha_{sf} & \alpha_{ff} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{s_{t-1}}^2 & e_{s_{t-1}} e_{f_{t-1}} \\ e_{s_{t-1}} e_{f_{t-1}} & e_{f_{t-1}}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_{ss} & \alpha_{sf} \\ \alpha_{sf} & \alpha_{ff} \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} \beta_{ss} & \beta_{sf} \\ \beta_{sf} & \beta_{ff} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{s_{t-1}}^2 & h_{s_{t-1} f_{t-1}} \\ h_{s_{t-1} f_{t-1}} & h_{f_{t-1}}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{ss} & \beta_{sf} \\ \beta_{sf} & \beta_{ff} \end{bmatrix} \end{aligned} \right. \quad (6)$$

Onde,  $h_{s_t f_t}$ , é a covariância condicional dos preços a vista e futuros;  $h_{s_t}^2$  e  $h_{f_t}^2$ , são variâncias condicionais dos preços a vista e futuros, respectivamente; e os parâmetros desconhecidos são  $\theta = \{\mu_s, \mu_f, \gamma_{ss}, \gamma_{ff}, \gamma_{sf}, \alpha_{ss}, \alpha_{ff}, \alpha_{sf}, \beta_{ss}, \beta_{ff}, \beta_{sf}\}$ , que podem ser estimados pela maximização da função *log* de verossimilhança em relação à  $\theta$ , onde,  $T$ , o número total de observações, como segue:

$$L(\theta) = -T \log(2\pi) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T \log |H_t(\theta)| - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T e_t(\theta)' H_t^{-1}(\theta) e_t(\theta) \quad (7)$$

Fiorentini, Sentana e Calzolari (2003), afirmam que com a distribuição *t* padronizada para o modelo *bekk*, é ajustada a função de probabilidade das inovações, conforme distribuição empírica do modelo, e, também, ressalta que devido as séries financeiras comumente apresentarem excesso de curtose, compreende-se que a distribuição *t* permitiria um desempenho superior comparada à distribuição normal.

Bueno (2008) chama a atenção para a existência de duas formas de simplificar o modelo de Engle e Kroner (1995), sendo que a primeira impõe diagonalidade às matrizes  $A_t$  e  $B_t$ , obtendo-se sete parâmetros pelo modelo diagonal *bekk*.

A outra forma de simplificação impõe que as matrizes  $A_t$  e  $B_t$  tornem-se escalares, ou seja, as dinâmicas das variâncias e covariâncias partem dos mesmos parâmetros e só se diferenciam pelos parâmetros obtidos na matriz  $C$ , esse modelo é conhecido por *bekk* escalar (BUENO, 2008).

A opção entre o modelo *bekk* diagonal em relação ao escalar é destacada por Alexander (2005) com base no desempenho do primeiro em termos de previsão, principalmente devido à admissão das matrizes  $A_i$  e  $B_j$  como diagonais, conforme se encontra fundamentado no estudo de Engle (2002). Sendo assim, o modelo diagonal *bekk* (1,1), a ser aplicado neste trabalho, segue o sistema de equações 21.

$$\begin{cases} h_{s,t} = c_{ss} + \alpha_{22}^2 \varepsilon_{s,t-1}^2 + \beta_{22}^2 h_s \\ h_{sf,t} = c_{sf} + \alpha_{11} \alpha_{22} \varepsilon_{s,t-1}^2 + \beta_{11} \beta_{22} h_{sf} \\ h_{f,t} = c_{ff} + \alpha_{11}^2 \varepsilon_{f,t-1}^2 + \beta_{11}^2 h_f \end{cases} \quad (8)$$

Neste caso, a razão de razão de *hedge* ótima é estimada conforme a equação 9.

$$h_t = \text{cov}(\Delta s_t, \Delta f_t | \Omega_{t-1}) / (\Delta f_t | \Omega_{t-1}) \quad (9)$$

Onde:  $\Delta s_t$  e  $\Delta f_t$ , são as variações absolutas dos preços a vista e futuros;  $\Omega_{t-1}$ , é a matriz de covariância condicional; e  $h_t$ , é a razão de *hedge* ótima dinâmica.

A estimativa de efetividade do *hedging* é definida pela razão entre a diferença da variância das carteiras não protegida e protegida sobre a variância da posição da carteira não protegida, como segue:

$$e = \sigma_u^2 - \sigma_h^2 / \sigma_u^2 \quad (10)$$

Onde,  $e$ , trata-se da efetividade da operação *hedge*;  $\sigma_u^2$ , representa a variância da carteira não protegida e;  $\sigma_h^2$ , é a variância da carteira protegida. A equação 10 leva a um resultado idêntico ao estimado pela equação 1.

### 3.4. Critérios de informação dos modelos de previsão

A parcimônia do modelo está ligada ao número de parâmetros e a precisão da estimativa, entretanto, ressalta-se a importância da utilização de critérios que imponham



penalidades ao acréscimo de regressores e conseqüentemente, atestem a robustez dos modelos (GUJARATI, 2011).

Assim, a definição pelo modelo mais equilibrado estatisticamente para fins de previsão baseou-se nos critérios de informação, de *Akaike (AIC)*, bayesiano de *Schwarz (SBC)* e de *Hannan-Quinn (HQC)*, para averiguar a precisão dos modelos estimados. Os critérios são estimados com base nas equações a seguir.

$$\ln AIC = (2k/n) + \ln(SQR/n) \quad (11)$$

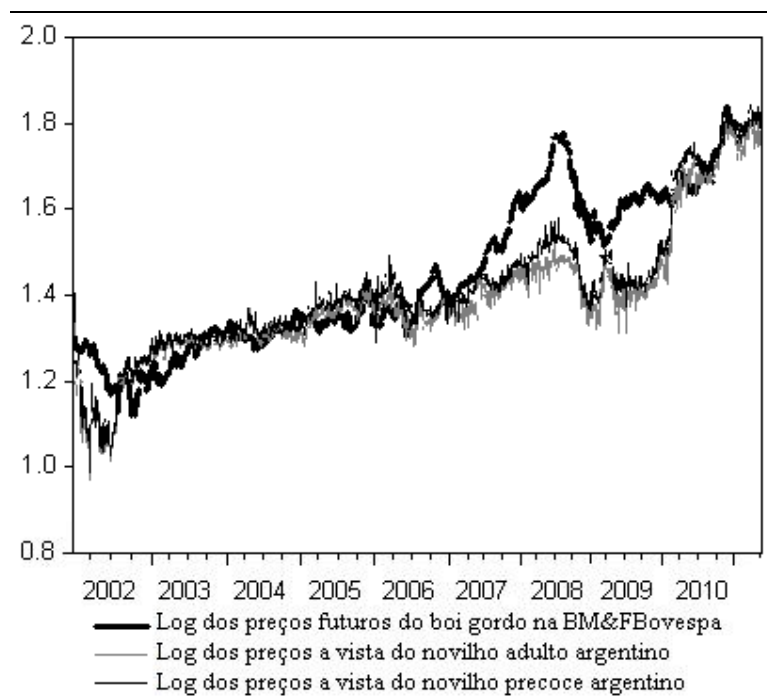
$$\ln SBC = (k/n) + \ln n + \ln(SQR/n) \quad (12)$$

$$HQC = n \ln(SQR/n) + 2k \ln \ln n \quad (13)$$

Para todos os critérios de informação, *SQR*, é a soma dos quadrados dos resíduos da regressão; *k*, é o número de regressores, incluindo o intercepto e; *n*, é o número de observações. Logo, destaca-se que os modelos só podem ser comparados em termos de robustez e parcimônia pelos critérios de informação se apresentar amostras idênticas (BUENO, 2008; GUJARATI, 2011).

#### 4. Apresentação dos dados e análise dos resultados

O comportamento dos logaritmos dos preços a vista, do novilho precoce e do novilho adulto argentino e futuros do boi gordo brasileiro, entre os anos de 2002 e 2011, são exibidos na figura 1. O movimento das séries de preços é bastante similar, porém, os preços futuros se encontram a maior parte do tempo acima dos preços a vista na data do vencimento dos contratos.



**Figura 1: Preços a vista dos novilhos argentinos e futuros do boi gordo entre 2002 e 2011**

Fonte: Dados da pesquisa

Conforme ilustrado na figura 1, nota-se uma diferença significativa entre os preços a vista e futuros no ano de 2002. Sugere-se que essa situação se deve à desvalorização cambial da moeda argentina neste período.

Esse distanciamento se repete entre janeiro de 2005 e dezembro de 2009, no entanto, nesse caso, sugere-se que a volatilidade da diferença entre os preços a vista e futuros se deve às inúmeras intervenções governamentais no mercado da carne bovina argentina, como o aumento das taxas de exportação, as restrições ao peso para o abate de animais, a limitação das cotas de exportação pela cota *hilton* por 180 dias e, até mesmo, a proibição das exportações.

O teste de *Phillips-Perron*, para a detecção da estacionariedade, foi aplicado às séries de preços a vista e futuros com objetivo de determinar a presença ou não de raiz unitária e como premissa para a aplicação dos modelos de estimação da razão ótima e efetividade do *cross hedging*. Os resultados dos testes de *Phillips-Perron* são expostos na tabela 1.

**Tabela 1: Teste de estacionariedade das séries de preços a vista e futuros**

Série de Preços	Futuros Boi Gordo	Futuros Boi Gordo	A Vista Novilho Precoce	A Vista Novilho Precoce	A Vista Novilho Adulto	A Vista Novilho Adulto
Teste de <i>Phillips-Perron</i>	Em nível	1ª diferença	Em nível	1ª diferença	Em nível	1ª diferença
Estatística do teste	1,68307 <sup>ns</sup>	-42,37027*	1,13498 <sup>ns</sup>	-63,47617*	1,13660 <sup>ns</sup>	-72,88902*
Valores críticos	<i>Nível 1%</i>		<b>-2,56613</b>			
	<i>Nível 5%</i>		<b>-1,94098</b>			
	<i>Nível 10%</i>		<b>-1,61659</b>			
<i>AIC</i>	-7,46154	-7,46253	-5,52935	-5,60634	-5,22778	-5,33436
<i>SBC</i>	-7,45872	-7,45971	-5,52654	-5,60353	-5,22496	-5,33154
<i>HQC</i>	-7,46050	-7,46149	-5,52832	-5,60531	-5,22675	-5,33332
<i>DW</i>	1,88847	2,00679	2,54698	2,03233	2,63557	2,07406

(\*) Significante ao nível de 1% e (<sup>ns</sup>) Não significante.

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com dados da tabela 1, o teste de *Phillips-Perron* não rejeita a hipótese nula da presença de raiz unitária nas séries temporais dos preços a vista e futuros, em nível. Porém o teste na primeira diferença rejeita a hipótese nula, dando indícios de que as séries de preços são estacionárias na primeira diferença.

A estatística *d* de *DW* registrou valor muito próximo a 2, o que é um indicativo de que as séries de preços a vista e futuros, na primeira diferença, não apresentam problemas de autocorrelação.

Após a detecção da não-estacionariedade das séries em nível e da constatação de que estas são estacionárias na primeira diferença, o estudo segue com a aplicação dos métodos de estimação da razão ótima e a efetividade do *cross hedging*.

#### 4.1. Proteção contra o risco pela estratégia de cobertura completa

A estratégia de cobertura completa, que é tida como a técnica mais simples de cobertura de risco, foi a primeira a ser empregada no teste da hipótese de mitigação do risco de preços.

Ao adotar a estratégia de cobertura completa, cuja posição tomada no mercado futuro do boi gordo brasileiro é igual à posição no mercado a vista dos novilhos argentinos (ou seja, igual a um), pode-se atestar se o mercado futuro é ou não eficiente em termos da mitigação do risco de preços do mercado a vista. A tabela 2 mostra os parâmetros e valores da equação da efetividade do *cross hedging* e o resultado do teste de hipóteses.

**Tabela 2: Efetividade do cross hedging no mercado futuro do boi gordo brasileiro pela aplicação da estratégia de cobertura completa**

Parâmetros da equação	PAR	NAR
$H$	1,0000	1,0000
$var(H)$	0,0085	0,0062
$var(U)$	0,0386	0,0278
$e_{ch}$	0,6899	0,6169
Teste de hipóteses	Rejeita $H_0$ Não Rejeita $H_1$	Rejeita $H_0$ Não Rejeita $H_1$

Notas: ( $h$ ) é a razão de cross hedge ótima,  $var(H)$  é a variância mínima da carteira protegida,  $var(U)$  é a variância da carteira não protegida, ( $e_{ch}$ ) é a efetividade do cross hedging, (PAR) novilho precoce argentino e (NAR) novilho adulto argentino.

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a tabela 2, a partir da cobertura completa no mercado futuro do boi gordo brasileiro atingiu-se aproximadamente 69% de mitigação do risco de preços no mercado a vista do novilho precoce argentino. Por outro lado, a redução do risco de preços no mercado a vista do novilho adulto argentino atingiu 62%.

Neste contexto, a simplicidade da estratégia de cobertura completa, em especial, pela não utilização de modelos de regressão e suas respectivas estatísticas para definição do posicionamento ótimo no mercado futuro, não desabona o resultado em efetividade do cross hedging, conforme o teste de hipóteses exposto na tabela 2, que apontou a rejeição da hipótese nula e não rejeição da hipótese alternativa, para mitigação do risco.

Os resultados dos testes de hipóteses corroboram os encontrados por Park e Jei (2010) quanto ao desempenho em mitigação do risco da estratégia de cobertura completa utilizando-se de preços a vista e futuros do milho e da soja na CBOT.

Park e Jei (2010) mostraram que pelo uso da estratégia de cobertura completa o desempenho em mitigação de risco atingiu, aproximadamente, 63% para o milho e 72% para a soja.

Os testes empíricos de Alexander e Barbosa (2005) com fundos de índices negociados em bolsa pela utilização da estratégia de cobertura completa com contratos futuros de índices de ações S&P500 apontaram para algo em torno de 82% de cobertura de risco, resultados que também corroboram que o desempenho em mitigação do risco relaciona-se com a similaridade do contrato futuro utilizado com fins de proteção.

Portanto, os resultados da investigação de Alexander e Barbosa (2005) e Park e Jei (2010) vão ao encontro com os resultados do presente estudo, já que este também não rejeitou a hipótese da mitigação do risco pelo uso de contratos futuros com padrões semelhantes às

características dos ativos que necessitam de proteção contra o risco de preços no mercado a vista.

#### 4.2. Proteção contra o risco pelo modelo de variância mínima

No contexto da estratégia de cobertura ótima, o modelo de variância mínima foi o primeiro método a ser aplicado à estimação da razão de *cross hedge*. Os coeficientes estimados pela regressão linear e as estatísticas para a avaliação da significância dos parâmetros do modelo de variância mínima são expostos na tabela 3.

**Tabela 3: Razão de *cross hedge* ótima pela aplicação do modelo de variância mínima (VM)**

	PAR	NAR
Coeficientes do modelo de VM		
$\square$	0,1348	0,1884
$H$	0,8907*	0,8377*
Estatísticas do modelo de VM		
<i>Estatística F</i>	2075,7250	1836,4470
<i>p-valor (F)</i>	0,0000	0,0000
$R^2$	0,7942	0,7734
$R^2_{Ajustado}$	0,7938	0,7730
<i>LV</i>	539,4479	539,4709
<i>AIC</i>	-1,9905	-1,9906
<i>SBC</i>	-1,9747	-1,9747
<i>HQC</i>	-1,9843	-1,9844
<i>DW</i>	0,0571	0,0579

Notas: (VM) modelo de variância mínima, ( $h$ ) razão de *cross hedge* ótima, (PAR) novilho precoce argentino, (NAR) novilho adulto argentino, (LV) Log-verossimilhança, (AIC) critério de informação de Akaike, (SBC) critério de informação de Schwarz, (HQC) critério de informação de Hannan-Quinn, (DW) estatística *d* de Durbin e Watson e (\*) significante estatisticamente ao nível de 1%.

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a tabela 3, a razão de *cross hedge*, que define a proporção ótima de contratos futuros, que minimiza a variância da posição no mercado a vista foi de, aproximadamente, 0,89 para novilho precoce argentino e 0,84 para o novilho adulto argentino, sendo estas significantes ao nível de 1%. Os valores  $R^2$  das regressões iguais a 77,30% para o novilho adulto argentino e 79,42% para o novilho precoce argentino, demonstram uma capacidade preditiva expressiva do modelo.

Por outro lado, os altos valores dos critérios de informação de Akaike, de Schwarz e de Hannan-Quinn sugerem que o número de defasagens do modelo não atende às perspectivas de precisão da estimativa ótima, enquanto os resultados das estatísticas *d* de Durbin e Watson,

com valores distantes a 2, propiciam indícios de uma relação sucessiva entre resíduos (ou, autocorrelação).

Apesar da baixa robustez das estatísticas relacionadas aos critérios de informação, conseguiu-se um desempenho significativo em mitigação do risco de preços no mercado a vista dos novilhos argentinos com as operações com contratos futuros do boi gordo brasileiro, como mostra a tabela 4.

**Tabela 4 – Efetividade do *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo brasileiro pela aplicação do modelo de variância mínima**

Parâmetros da equação	PAR	NAR
$h$	0,8907	0,8377
$var(H)$	0,0081	0,0009
$var(U)$	0,0386	0,0351
$e_{ch}$	0,7912	0,9752
Teste de hipóteses	<i>Rejeita <math>H_0</math></i> <i>Não Rejeita <math>H_1</math></i>	<i>Rejeita <math>H_0</math></i> <i>Não Rejeita <math>H_1</math></i>

Notas: ( $h$ ) é a razão de *cross hedge* ótima,  $var(H)$  é a variância mínima da carteira protegida,  $var(U)$  é a variância da carteira não protegida, ( $e_{ch}$ ) é a efetividade do *cross hedging*, (PAR) novilho precoce argentino e (NAR) novilho adulto argentino.

Fonte: Dados da pesquisa.

Apesar do modelo de variância mínima ser considerado pela comunidade científica, o modelo de regressão mais simples para estimação da razão de *cross hedge* ótima, esse conseguiu resultados expressivos como pode ser observado na tabela 4, que apontou para mitigação do risco dos preços a vista do novilho adulto argentino em 97,52%.

A efetividade do *cross hedging* também se estende ao mercado a vista do novilho precoce argentino, cujo uso da razão ótima com futuros de boi gordo brasileiro conduz a uma mitigação do risco de preços em 79,12%.

Corroborando os resultados pelo uso da estratégia de cobertura completa, a razão de *cross hedge* ótima computada pela aplicação do modelo de variância mínima também atingiu níveis expressivos de redução do risco de preços no mercado a vista dos novilhos argentinos, o que é comprovado pelo teste de hipóteses exposto na tabela 4, que aponta para a rejeição da hipótese nula e não rejeição da hipótese alternativa, para mitigação do risco.

Os resultados da pesquisa vão ao encontro aos da investigação de Park e Jei (2010) quanto ao desempenho em cobertura do risco com futuros do milho e da soja na CBOT pelo uso da razão de *cross hedge* ótima estimada pelo modelo de variância mínima.

Os testes de hipóteses de Park e Jei (2010) apontaram para uma mitigação do risco de, aproximadamente, 66% para o milho e 74% para a soja. Esses percentuais de cobertura são

muito próximos aos da investigação de Brinker *et al.* (2009) para grãos secos procedentes de destilarias de etanol de diferentes regiões produtoras dos Estados Unidos (Atlanta/GA, Boston/MA, Buffalo/NY e Chicago/IL) com contratos futuros de milho da CBOT.

Porém, de acordo com Brinker *et al.* (2009) os testes apontaram para uma cobertura de risco inferior pela utilização da razão de *cross hedge* ótima com contratos futuros de óleo de soja da CBOT estimada pelo modelo de variância mínima.

Neste caso, os resultados apontam para a importância da similaridade entre o padrão do contrato futuro e as características do ativo protegido, uma vez que a mitigação do risco pelo uso do contrato futuro do milho (principal matéria-prima destinada a produção de etanol nos Estados Unidos) foi em torno de 50% superior ao atingido pelo uso do contrato futuro da soja.

Os resultados apresentados por Brinker *et al.* (2009) corroboram os de Dahlgran (2000) para o *cross hedging* das sementes de algodão esmagadas com contratos futuros de óleo, farelo e casca de algodão.

Em suma, Park e Jei (2010) e Brinker *et al.* (2009), corroboram a investigação de Houston e Ames (1986), que apontaram que a carência de contratos futuros para o glúten e farelo de milho expunham os agentes da cadeia produtiva às incertezas dos preços no mercado a vista.

Segundo Houston e Ames (1986), esse fato não impedia que o gerenciamento do risco fosse realizado por meio do *cross hedging* com contratos futuros de diferentes *commodities* agrícolas.

Os testes de Houston e Ames (1986) indicaram ainda que a razão de *cross hedge* ótima com contratos futuros de farelo de soja estimado pelo modelo de variância mínima oportunizaria uma mitigação do risco de preços do glúten de milho próxima a 92% no mercado a vista.

Neste contexto, os resultados dos testes de hipóteses do presente estudo para a mitigação do risco de preços dos novilhos argentinos no mercado a vista pela utilização da razão de *cross hedge* ótima com contratos futuros do boi gordo brasileiro estimada pelo modelo de variância mínima também são consistentes com os encontrados por Graff *et al.* (1997), que atestaram perto de 85% de cobertura de risco para vacas de descarte e novilhos no Estado do Kansas, Estados Unidos, com contratos futuros de carne bovina da *Chicago Mercantile Exchange* (CME).

Os custos incidentes na cadeia de produção e distribuição agrícolas também foram selecionados com a necessidade de proteção. Nesse patamar, Graf, McKenzie e Popp (2008) apresentaram números consistentes para cobertura das incertezas relacionadas aos custos de produção do biodiesel com a razão de *cross hedge* ótima de variância mínima com contratos futuros de óleo de soja da CBOT, atingindo 77% de redução do risco.

Apesar da significativa mitigação do risco, pela aplicação das razões de *cross hedge* obtidas pelos testes empíricos com o modelo de variância mínima, ressalta-se que as evidências de agrupamentos de volatilidade e heterocedasticidade violam os pressupostos do modelo clássico de regressão linear e são elementares para decisão pelos testes com modelos heterocedásticos.

#### **4.3. Proteção contra o risco pelo modelo heterocedástico diagonal *bekk***

Os resultados dos testes empíricos com o modelo *bekk*, para estimação das razões de *cross hedge* variáveis no tempo, são apresentados na tabela 5. As matrizes de covariância e variância das séries, que são parte do cômputo da razão de *cross hedge* ótima, assim como os coeficientes das regressões e as estatísticas para a avaliação da significância dos parâmetros dos modelos também se encontram na tabela 5.



**Tabela 5 – Razão de *cross hedge* ótimo pela aplicação do modelo heterocedástico *bekk***

	PAR	NAR
Coeficientes do modelo <i>bekk</i> (1,1)		
$c_{11}$	0,0001*	0,0001*
$c_{22}$	0,0001*	0,0001*
$\square_{11}$	0,9083*	0,9080*
$\square_{22}$	0,9083*	0,9082*
$\square_{11}$	0,4452*	0,4543*
$\square_{22}$	0,4419*	0,4492*
$\square$	286,9177	367,6762
Estatísticas do modelo <i>bekk</i>		
<i>LV</i>	1787,0240	1775,9270
<i>AIC</i>	-6,5853	-6,5442
<i>SBC</i>	-6,5137	-6,4726
<i>HQC</i>	-6,5573	-6,5162
Equação da razão de <i>cross hedge</i>		
$Cov(\square S_{t-1} \square \square F_{t-1} \square \square \square_{t-1})$	0,0453	0,0425
$Var(\square F_{t-1} \square \square_{t-1})$	0,0589	0,0588
<i>h</i>	0,7687	0,7221

Notas: (*bekk*) modelo heterocedástico autorregressivo generalizado bivariado diagonal *bekk* de Baba *et. al.* (1990) e, Engle e Kroner (1995), (PAR) novilho precoce argentino, (NAR) novilho adulto argentino, (*LV*) log-verossimilhança, (*AIC*) critério de informação de *Akaike*, (*SBC*) critério de informação de *Schwarz*, (*HQC*) critério de informação de *Hannan-Quinn*, ( $\square$ ) coeficiente da distribuição *t*, (\*) significativo estatisticamente ao nível de 1%, ( $\square_{t-1}$ ) é a matriz de covariância condicional,  $Cov(\square S_{t-1} \square \square F_{t-1} \square \square \square_{t-1})$  é a covariância entre os preços a vista e futuros,  $Var(\square F_{t-1} \square \square_{t-1})$  é a variância dos preços futuros e (*h*) é a razão de *cross hedge* ótima.

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme exposto na tabela 5, a razão de *cross hedge* ótima estimada pelo modelo *bekk* foi de, aproximadamente, 0,72 para o novilho adulto argentino. Enquanto que, para o novilho precoce argentino, a razão de *cross hedge* ótima foi perto de 0,77. Sobre os parâmetros do modelo *bekk*, destaca-se, ainda, que esse atingiu 100% dos coeficientes significativos ao nível de 1%.

Os valores dos critérios de informação de *Akaike*, de *Schwarz* e de *Hannan-Quinn*, demonstram a robustez e a precisão dos modelos *bekk* estimados. Ressalta-se que os valores dos critérios de informação dos modelos *bekk* apresentados na tabela 5 atestam um melhor ajuste desses quando comparado ao dos modelos de variância mínima.

Neste patamar, ressalta-se que as evidências de volatilidade condicional foram fundamentais para a realização dos testes empíricos com modelo heterocedástico, o que foi comprovado pela capacidade preditiva das estimativas e de suas respectivas estatísticas de significância e critérios de informação.

A aplicação da razão de *cross hedge* ótima, obtida a partir do modelo *bekk* atingiu resultados significativos em efetividade do *cross hedging* como pode ser observado na tabela 6, que apontou para mitigação do risco dos preços do novilho adulto argentino em 93,26%. O

expressivo desempenho do *cross hedging* também se estende ao mercado a vista do novilho precoce argentino, cuja mitigação do risco de preços chegou a 77,67%.

**Tabela 6 – Efetividade do *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo brasileiro pela aplicação do modelo heterocedástico *bekk***

Parâmetros da equação	PAR	NAR
$h$	0,7687	0,7221
$var(H)$	0,0086	0,0024
$var(U)$	0,0386	0,0351
$e_{ch}$	0,7767	0,9326
Teste de hipóteses	Rejeita $H_0$ Não Rejeita $H_1$	Rejeita $H_0$ Não Rejeita $H_1$

Notas: (*bekk*) modelo heterocedástico autorregressivo generalizado bivariado diagonal *bekk* de Baba *et. al.* (1990) e, Engle e Kroner (1995), ( $h$ ) é a razão de *cross hedge* ótima, [ $var(H)$ ] é a variância mínima da carteira protegida, [ $var(U)$ ] é a variância da carteira não protegida, ( $e_{ch}$ ) é a efetividade do *cross hedging*, (PAR) novilho precoce argentino e (NAR) novilho adulto argentino.

Fonte: Dados da pesquisa.

Os testes de hipóteses da tabela 6 permitem afirmar que são fortes as evidências de eficiência em termos de mitigação do risco de preços dos novilhos argentinos no mercado a vista pelo uso das razões de *cross hedge* ótimas estimadas pelos modelos *bekk*, o que foi comprovado pela rejeição da hipótese nula e não rejeição da hipótese alternativa.

Chen e Sutcliffe (2007) também avaliaram a efetividade das operações de *cross hedging* em mercados futuros com derivativos com características distintas à dos ativos no mercado a vista. Nessa investigação, foi avaliado o desempenho em cobertura do risco de uma carteira teórica de ações de empresas petrolíferas representadas pelo índice Amex Oil por uma razão de *cross hedge* ótimo estimado pelo modelo *bekk* com contratos futuros de petróleo bruto da *New York Mercantile Exchange* (sigla, Nymex) e do índice S&P500. Pelo uso específico do contrato futuro de petróleo bruto Nymex atingiu-se 11,52% de mitigação do risco, enquanto que com o contrato futuro do índice S&P500 chegou a 20,27% de proteção.

Na pesquisa de Chen e Sutcliffe (2007), foi também avaliado o *cross hedging* mixto, utilizando-se de contratos futuros de petróleo bruto Nymex e do índice S&P500. O teste apontou uma efetividade em cobertura de risco igual a 37,91%, proteção essa considerada significativas, dadas as diferenças entre a carteira teórica de ações de empresas petrolíferas (mercado a vista) com os contratos futuros de petróleo bruto da Nymex e do índice S&P500.

Por outro lado, uma investigação sobre a efetividade do *cross hedging* em mercados futuros com derivativos com maior similaridade à dos ativos no mercado a vista foi realizada por Alexander e Barbosa (2005). Nessa pesquisa, o uso da razão de *cross hedge* ótima com contratos futuros de índices de ações S&P500 estimada pelo modelo *bekk* apontou para algo

em torno de 93% de mitigação do risco para fundos de índices negociados em bolsa (do original em inglês, *exchange traded funds*, sigla ETFs), resultado este, muito próximo a cobertura do risco de preços do novilho adulto argentino (igual a 93,26%) protegido pela razão de *cross hedge* ótima com contratos futuros de boi gordo brasileiro (ver tabela 6).

Ao analisar os resultados em mitigação do risco mostrados na tabela 6, ressalta-se que esses são significativamente superiores aos encontrados na pesquisa de Silva, Aguiar e Lima (2003), que verificaram a viabilidade dos contratos futuros de soja em grão da BM&F e dos contratos futuros da CBOT, para o gerenciamento de risco dos *traders* de grãos, farelo e óleo de soja; Martins e Aguiar (2004) e Maia e Aguiar (2010), que averiguaram a efetividade em cobertura de risco do *cross hedging* para o mercado a vista da soja de diversas regiões produtoras do Brasil, a partir de operações realizadas com contratos futuros na CBOT, e; Silveira e Ferreira Filho (2003) que analisaram a efetividade das operações de *cross hedge* para o bezerro com contratos futuros de boi gordo na BM&F.

Por outro lado, foi verificada ainda uma pequena diferença em cobertura de risco encontrada no o presente estudo com os resultados das pesquisas de Silva, Aguiar e Lima (2003), Martins e Aguiar (2004), Maia e Aguiar (2010) com contratos futuros de soja da CBOT, e também, com o desempenho do testes empíricos sobre a efetividade do *cross hedging* do café brasileiro com contratos futuros da *Coffee, Sugar and Cocoa Exchange* (CSCE) e *London International Financial Futures and Options Exchange* (LIFFE), de Pacheco (2000), Pinto e Silva (2001) e Nogueira, Aguiar e Lima (2002); e efetividade do *cross hedging* da cana-de-açúcar brasileira com contratos futuros de açúcar da *London Stock Exchange* (LSE) e *New York Board of Trade* (NYBOT), de Raabe, Staduto e Shikida (2006).

Avaliados os resultados da presente pesquisa com os das importantes investigações aqui reportadas pode-se afirmar que o mercado futuro do boi gordo brasileiro tem um potencial significativo de mitigação do risco de preços do mercado a vista dos novilhos argentinos. Essa afirmação se aplica para as estratégias de cobertura de risco completa e ótima empregadas nesse estudo.

## 6. Conclusões

O objetivo deste artigo foi verificar a efetividade das operações de *cross hedge* para os novilhos argentinos por meio da negociação com contratos futuros de boi gordo brasileiro da BM&FBovespa.

Com essa finalidade, primeiramente constatou-se que as razões de *cross hedge* ótimas para contratos futuros do boi gordo brasileiro, estimada pelos modelos, estático e dinâmico, variaram entre 0,76 e 0,89, para o novilho precoce argentino, e entre 0,72 e 0,83, para o novilho adulto argentino.

Neste contexto, vale destacar que tanto os coeficientes do modelo de variância mínima referentes à estimação da razão de *cross hedge* ótima constante, quanto os coeficientes do modelo *bekk* referentes a estimação da razão de *cross hedge* dinâmica, apresentaram-se 100% significantes ao nível de 1%.

Porém, os valores dos critérios de informação de *Akaike*, de *Schwarz* e de *Hannan-Quinn*, atestaram a maior robustez e precisão das estimativas das razões de *cross hedge* ótimas obtidas pelo modelo dinâmico *bekk*.

As efetividades do *cross hedging* estimadas no mercado futuro do boi gordo brasileiro, para o novilho precoce argentino, pelas razões ótimas estimadas pelo modelo de variância mínima e heterocedástico *bekk*, foram de, 79,12% e 77,67%, respectivamente. Enquanto que, para o novilho adulto argentino, a efetividade foi estimada em 97,52% e 93,26%, na mesma ordem de aplicação dos modelos.

Pela cobertura completa no mercado futuro do boi gordo brasileiro foi atingida uma mitigação do risco de 69% para o novilho precoce argentino e de 62% para o novilho adulto argentino. Portanto, a efetividade do *cross hedging* pela estratégia de cobertura completa foi significativamente inferior as atingidas pelas estratégias de cobertura ótima estimadas pelo modelo de variância mínima e heterocedástico *bekk*.

Todavia, as evidências empíricas apontadas pelos testes de hipóteses dão consistência à afirmação de que o mercado futuro do boi gordo brasileiro apresenta um desempenho expressivo em mitigação do risco de preços no mercado a vista dos novilhos argentinos; o que foi confirmado pelos percentuais de mitigação do risco assinalados pelo desempenho da efetividade do *cross hedging*.

Assim sendo, conclui-se que o mercado futuro do boi gordo brasileiro na BM&FBovespa é eficiente no gerenciamento do risco de preços do mercado a vista dos novilhos de corte argentinos, e que a combinação ótima entre estes permite uma expressiva maximização da utilidade esperada em mitigação do risco.

Os resultados obtidos mostram ainda que mesmo quando os produtos no mercado a vista apresentam características diferentes dos padrões dos derivativos negociados no

mercado futuro, como: tamanho, objeto de negociação, cotação, vencimento, entre outras, é possível mitigar dos preços a vista por meio do *cross hedging*.

Em se tratando do presente estudo, a maturidade do mercado futuro do boi gordo brasileiro, somada ao crescimento da participação de diferentes agentes da cadeia produtiva da carne bovina nele, é um indicativo de que os contratos futuros de boi gordo da BM&FBovespa tendem a ser cada vez mais utilizados como instrumentos de proteção contra as oscilações de preços no mercado a vista; não só por agentes que atuam no mercado da carne bovina brasileira, como também de outros mercados, como acontece em volume significativo com outras *commodities*, em importantes bolsas, como, por exemplo, a soja e seus derivados, na CBOT.

Ao fim, destaca-se, ainda, que o grande número de métodos que podem ser aplicados para testar a efetividade das operações de *cross hedge* possibilita que diferentes investigações sobre a relação entre mercados com características semelhantes às deste estudo venham a ser realizadas, em especial, no sentido de comparar a eficiência entre derivativos de diferentes bolsas para a mitigação do risco de preços de *commodities* agrícolas de países que tenham carência ou indisponibilidade destes instrumentos de proteção.

## 7. Referências

ADAM-MULLER, A. F. A.; NOLTE, I. Cross hedging under multiplicative basis risk. *Journal of Banking & Finance*. v. 35, n. 11, p. 2956-2964, Nov. 2011.

ALEXANDER, C. *Modelos de mercados: um guia para análise de informações financeiras*. 1. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2005.

\_\_\_\_\_.; BARBOSA, A. *Is minimum variance hedging necessary for equity indices? A study of hedging and cross-hedging exchange traded funds*. (December 14, 2005). ISMA Centre discussion papers in finance Nº 2005-16. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=870750>> Acesso em: 10 jan. 2012.

ANDERSON, R. W.; DANTHINE, J. P. Cross Hedging. *The Journal of Political Economy*, v. 89, n. 6, p. 1182-1196, dez., 1981.

BABA, Y.; ENGLE, R. F.; KRAFT, D. F.; KRONER, K. F. *Multivariate Simultaneous Generalized ARCH*. Mimeo. San Diego: Department of Economics, University of California, 1990.

BAILLIE, R. T.; MYERS, R. J. Bivariate Garch estimation of the optimal commodity futures hedge. *Journal of Applied Econometrics*. v. 6, p. 109–124, 1991.

BOLLERSLEV, T.; ENGLE, R.; WOOLDRIDGE, J. A capital asset pricing model with time varying covariances. *Econometrica*, v. 96, p. 116–131, 1988.

BOLSA DE VALORES, MERCADORIAS E FUTUROS – BM&FBOVESPA. *Contratos agropecuários*. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/a-bmfbovespa/download/Contratos-Agropecuarios.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2012.

BOUTOURIA, S.; ABID, F. *Hedging effectiveness of Constant and time varying hedge ratio of the copper in the lond on metal Exchange*. (November 11, 2010). Working Paper Disponível em SSRN: <<http://ssrn.com/abstract=1831390>> Acesso em: 15 fev. 2011.

BRINKER, A. J.; PARCELL, J. L.; DHUYVETTER, K. C.; FRANKEN, J. R. V. Cross-hedging distillers dried grains using corn and soybean meal futures contracts. *Journal of Agribusiness*. v. 27, n. 1, p. 01-15, 2009.

BROLL, U. Cross Hedging in Currency Forward Markets: A Note. *The Journal of Futures Markets*. v. 17, n. 4, p. 475–482, 1997.

BROOKS, C.; DAVIES, R. J.; KIN, S. S. Cross Hedging With Single Stock Futures. *Assurances et Gestion des Risques*. v. 74, n. 4, p. 473-504, 2007.

\_\_\_\_\_. *Reducing basis risk for stocks by cross hedging with matched futures*. ISMA Centre discussion papers in finance DP2004-16. Disponível em: <<http://www.icmacentre.ac.uk/pdf/discussion/DP2004-16.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2012.

BRORSEN, B. W.; BUCK, D. W.; KOONTZ, S. R. Hedging hard red winter wheat: Kansas City versus Chicago. *The Journal of Futures Markets*. v. 18, n. 4, p. 449-466, 1998.

BUENO, R. L. S. *Econometria de séries temporais*. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. *Pib do agronegócio brasileiro*. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>> Acesso em: 15 maio. 2011.

CHEN, F.; SUTCLIFE, C. *Better cross hedges with composite hedging? hedging equity portfolios using financial and commodity futures*. ISMA Centre discussion papers in finance DP2007-04. Disponível em SSRN: < <http://ssrn.com/abstract=985959>> Acesso em: 12 jan. 2012.

CHOUDHRY, T. The hedging effectiveness of Constant and time-varying hedge ratios using three pacific basin stock futures. *International Review of Economics and Finance*. v. 13, p. 371–385, 2004.

COMISO, M. G. Factibilidad de un mercado de futuros y opciones de ganado bovino para faena en Argentina. *Tese (Economia)* – Departamento de Economia, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 2007.

COTTER, J.; HANLY, J. Reevaluating hedging performance. *Journal of Futures Markets*. v. 26, n.7, p. 677–702, 2006.

DAHLGRAN, R. A. Cross-Hedging the cottonseed crush: a case study. *Agribusiness*. v. 16, n. 2, p. 141–158, 2000.

DOPCHIZ, M. Y. La implementación de un mercado de futuros em el sector ganadero argentino. *Tese (Economia)* – Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 2008.

EDERINGTON, L. H. The hedging performance of the new futures markets. *The Journal of Finance*. v. 34, p. 157–170, 1979.

EDERINGTON, L. H.; SALAS, J. M. Minimum variance hedging when spot price changes are partially predictable. *Journal of Banking & Finance*. v. 32, n. 1, p. 654–663, 2008.

ELAM, E. W.; MILLER, S. E.; HOLDER, S. H. Simple and multiple cross-hedging of rice bran. *Southern Journal of Agricultural Economics*. v. 18, n. 1, p. 123–128, jul. 1986.

ENGLE, R. F. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of variance of U.K. inflation. *Econometrica*. v. 50, p. 987–1008, 1982.

\_\_\_\_\_. Dynamic conditional correlation - A simple class of multivariate GARCH models. *Journal of Business and Economic Statistics*. v. 20, p. 339–350, 2002.

\_\_\_\_\_.; KRONER, K. F. Multivariate Simultaneous Generalized ARCH. *Econometric Theory*. v. 11, p. 122–150, 1995.

FIORENTINI, G.; SENTANA, E.; CALZOLARI, G. Maximum likelihood estimation and inference in multivariate conditionally heteroskedastic dynamic regression models with Student t innovations. *Journal of Business and Economic Statistics*. v. 21, p. P. 532–546, 2003.

GAGNON, L.; LYPNY, G. J.; MCCURDY, T. H. Hedging foreign currency portfolios. *Journal of Empirical Finance*. v. 5, p. 197–220, 1998.

GLEN, J.; JORION, P. Currency hedging for international portfolios. *Journal of Finance*. v. 48, p. 1865–1886, 1993.

GRAF, J.; MCKENZIE, A. M.; POPP, M. P. Hedging break-even biodiesel production costs using soybean oil futures. *Journal of Agribusiness*. v. 26, n. 1, p. 61-75, 2008.



GRAFF, J.; SCHROEDER, T.; JONES, R.; DHUYVETTER, K. *Cross hedging agricultural commodities*. (September, 1997). Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, MF-2284. Disponível em: <[http://www.agmanager.info/livestock/marketing/bulletins\\_2/price\\_risk/hedging/mf2284.pdf](http://www.agmanager.info/livestock/marketing/bulletins_2/price_risk/hedging/mf2284.pdf)> Acesso em: 10 jan. 2012.

GUJARATI, D. N. *Econometria Básica*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

HARRIS, R. D.; SHEN, J.; STOJA, E. The limits to minimum-variance hedging. *Journal of Business Finance & Accounting*. v. 37, p. 737–761, jun/Jul. 2010.

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.

HOUSTON, J. E.; AMES, G. C. W. Forecasting corn gluten feed prices using soybean meal futures: opportunities for cross hedging. CONFERENCE ON APPLIED COMMODITY PRICE ANALYSIS, FORECASTING, AND MARKET RISK MANAGEMENT, 1986, St. Louis. *Proceedings...* Disponível em [<http://www.farmdoc.uiuc.edu/nccc134>] 1986.

HOWARD, C. T.; D'ANTONIO, L. J. A risk-return measure of hedging effectiveness. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*. v. 19, n. 1, p. 101–112, mar. 1984.

HSU, C. C.; TSENG, C. P.; WANG, Y. H. Dynamic hedging with futures: a copula-based garch model. *The Journal of Futures Markets*. v. 28, n. 11, p. 1095–1116, 2008.

MAIA, F. N. C. S.; AGUIAR, D. R. D. Estratégias de hedge com os contratos futuros de soja da Chicago Board of Trade. *Gestão & Produção*. São Carlos, v. 7, n. 3. p. 617–626, 2010.

MARTINS, A. G.; AGUIAR, D. R. D. Efetividade do hedge de soja em grão com contratos futuros de diferentes vencimentos na Chicago Board of Trade. *Revista de Economia e Agronegócio*. v. 2, n. 4, p. 449–472, 2004.

MINISTERIO DA AGRICULTURA, GANADERIA Y PESCA – MAGyP. *Sistema integrado de información agropecuaria*. Disponível em: <<http://www.siiia.gov.ar/>> Acesso em: 08 abr. 2011.

MUN, K. C.; MORGAN, G. E. Cross-hedging foreign exchange rate risks: The case of deposit money banks in emerging Asian countries. *Pacific-Basin Finance Journal*. v. 5, p. 215-230, 1997.

NOGUEIRA, F. T. P.; AGUIAR, D. R. D.; LIMA, J. E. *Efetividade do hedge no mercado brasileiro de café arábica*. Resenha BM&F. n. 150, p. 78–88, 2002.

PACHECO, F. B. P. Análise das operações de hedging em mercados futuros: o caso do café arábica no Brasil. 89 p. *Dissertação* (Mestrado em Economia Aplicada) – Departamento de Economia, Administração e Sociologia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

PARK, H. Y.; BERA, A. K. Interest rate volatility, basis, and heteroscedasticity in hedging mortgages. *The American Real Estate and Urban Economics Association*. v. 15, p. 79-97, 1987.

PARK, S. Y.; JEI, S. Y. Estimation and hedging effectiveness of time-varying hedge ratio: Flexible bivariate garch approaches. *Journal of Futures Markets*. v. 30, n. 1, p. 71–99, Jan. 2010.

PHILLIPS, P. C. B., PERRON, P. Testing unit roots in time series regression. *Biometrika*. v. 75, p. 335–346, 1988.

PINTO, W. J.; SILVA, O. M. Efetividade do hedging em contratos de café no mercado mundial. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. *Anais...* Vitória: Consórcio Brasileiro de Pesquisas e Desenvolvimento do Café, 2001. p. 1–9.

RAABE, J. P.; STADUTO, J. A. R.; SHIKIDA, P. F. A. A efetividade de hedge do mercado futuro de açúcar nos mercados de Nova York, Londres e da BM&F. *Revista de Economia e Administração*. v. 5, n. 3, p. 338–357, 2006.

RAHMAN, S. M.; TURNER, S. C.; COSTA, E. F. Cross-Hedging cottonseed meal. *Journal of Agribusiness*. v. 19, n. 2, p. 163–171, 2001.

SILVA, A. R. O.; AGUIAR, D. R. D; LIMA, J. E. A efetividade do hedge e do cross-hedge de contratos futuros para soja e derivados. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. v. 41, n. 2, p. 383–406, 2003.

SILVEIRA, R. L. F.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Análise das operações de cross-hedge do bezerro e do hedge de boi gordo no mercado futuro da BM&F. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. v. 41, n. 4, p. 881–899, 2003.

UNIDET STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. *Data and Statistics*. Disponível em: <[http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?\\_navid=DATA\\_STATISTICS&navtype=RT&parentnav=AGRIBUSI\\_COOP](http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?_navid=DATA_STATISTICS&navtype=RT&parentnav=AGRIBUSI_COOP)> Acesso em: 17 jun. 2011.

ZANOTTI, G.; GABBI, G.; GERANIO, M. Hedging with futures: efficacy of garch correlation models to european electricity markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*. v. 20, p. 135–148, 2010.