

## **Cross hedging of the cow from the main Brazilian producing markets on the BM&FBovespa live cattle future market**

Reception of originals: 05/14/2017  
Release for publication: 05/29/2018

### **Odilon José de Oliveira Neto**

Doutor em Administração de Empresas pela FGV/EAESP

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia

Endereço: UFU Campus Pontal, Rua 20, nº 1600, Bairro Tupã, Ituiutaba–MG, CEP: 38304-402.

E-mail: [odilonoliveira@ufu.br](mailto:odilonoliveira@ufu.br)

### **Reginaldo Santana Figueiredo**

Doutor em Economia pela UFRJ

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: UFG (Campus Samambaia) - Programa de Pós-Graduação em Agronegócio (PPAGRO), Rodovia Goiânia-Nova Veneza, Km zero, Goiânia–GO, CEP 74690-900.

E-mail: [emaildesantana@gmail.com](mailto:emaildesantana@gmail.com)

### **Simone Oliveira Rezende**

Mestre em Economia pela UFPB

Instituição: Instituto Aphonsiano de Ensino Superior

Endereço: Faculdades Aphonsiano, Avenida Manoel Monteiro, nº 55, Bairro Santuário, Trindade–GO, CEP 75388-704.

E-mail: [sreoli@yahoo.com](mailto:sreoli@yahoo.com)

### **Abstract**

The objective of this study is to verify the possibility of mitigating the risk of price volatility in the cow spot market in the main beef cattle producing regions of Brazil through cross hedging in the live cattle future market on the BM&FBovespa. Static and dynamic models were selected for estimating the optimal ratio and cross hedge effectiveness in order to test the risk mitigation hypothesis. This hypothesis was analyzed using out-of-sample tests. The result of this test allowed to verify the effectiveness of cross hedging one step ahead, that is, from the predictability of risk mitigation. The daily price series used in this analysis comprise the period between January, 2, 2006 to February, 29, 2016, and was obtained from Business Intelligence at Minerva Foods, quotations from the Center for Advanced Studies on Applied Economics (CEPEA-Esalq/USP). In order to estimate the optimal ratio and the effectiveness of cross hedging, it was opted for the application of the models: [1] full hedging; [2] of minimal variance of Ederington (1979); [3] autoregressive vector, with the inclusion of the error correction mechanism (VECM); and [4] diagonal BEKK, de Baba et. Al. (1990) and Engle and Kroner (1995). From the results of the empirical tests, the performance of cross hedging in the BM&FBovespa live cattle futures market, in the protection against the price risk of the cow spot market, in the main producing regions of Brazil was analyzed. It was also verified whether future contracts BM&FBovespa live cattle future contracts allows an adequate quotation-price lock for the cow in the selected regions in study.

**Keywords:** Cross Hedging. Live Cattle. Future Market.

## 1. Introdução

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre os anos de 2005 e 2015, vacas e novilhas representaram, em média, 40,15% do total de bovinos abatidos no Brasil sob as inspeções municipal, estadual e federal (IBGE, 2015). Hipoteticamente, vários são os fatores que podem estar relacionados ao abate de fêmeas de bovinos, dentre os quais têm destaque: a) preços mais atrativos em consequência de escalas curtas de abate e da baixa oferta de boi gordo; b) alta de preços causada por maiores volumes de exportação de carne bovina; c) descarte de fêmeas de baixa fertilidade ou vazias (não prenhas); d) maior volume de fêmeas provenientes de rebanhos com maior aptidão para corte (adaptabilidade, conversão alimentar, precocidade produtiva) e que, geralmente, apresentam rendimento de carcaça superior; e) ciclos de preço de reposição abaixo dos patamares considerados ideais; entre outros fatores.

Além da importância em termos de abastecimento de carne bovina, pressupõe-se que o abate de vacas e novilhas cause alterações no preço e na volatilidade de bovinos de corte no curto e longo prazo, por exemplo: (1) no curto prazo, alterações no preço em resposta ao volume de vacas e novilhas abatidas devido à diminuição da oferta de boi gordo, e (2) no longo prazo, ampliação dos preços de reposição devido à quebra de ciclo causada pela diminuição do número de vacas e novilhas de corte prenhas; o que acarreta em diminuição de bezerras e bezerras disponíveis para comercialização.

Ambas as situações (horizontes de curto e longo prazo), também, ampliam os desafios dos agentes da cadeia produtiva da carne bovina na administração do risco de preços. Porém, mesmo que em determinado período apresente-se uma melhor recomposição do rebanho de bovinos de corte, como é o caso do ano de 2015, em que o percentual de abate de vacas e novilhas foi um pouco menor do que a média de 40,15% registrada no período 2005-2014, mais precisamente, 38,9% do total (em torno de 11,90 milhões de cabeças) (IBGE, 2015), à participação de fêmeas de bovinos abatidas continua a desafiar a administração do risco de preços, mesmo porque, não se têm informações precisas quanto às características das escalas de vacas e novilhas abatidas, como por exemplo: a) qual o percentual de vacas abatidas é fruto de descarte por baixa fertilidade? b) qual é a proporção de vacas e novilhas provenientes de regimes de confinamento e semiconfinamento? c) qual o volume de vacas de descarte é originário de rebanhos leiteiros?. Nesse contexto, ressalta-se a relevância em tornar mais

eficiente a comercialização de vacas e novilhas; uma vez que o conjunto de elementos-informações que podem interferir na cotação no curto e longo prazo ampliam os desafios dos produtores de bovinos de corte e da indústria da carne bovina em geral.

No que se refere aos desafios da administração do risco de preços da vaca nas principais praças produtoras de bovinos de corte do Brasil (Goiânia/GO, Cuiabá/MT, Campo Grande/MS, Dourados/MS, Três Lagoas/MS, Triângulo/MG, Araçatuba/SP, Bauru-Marília/SP, Presidente Prudente/SP, São José do Rio Preto/SP, Região Noroeste/PR, Região Oeste/RS, Região Sudoeste/RO, Região Norte/TO), inclui-se a carência de um contrato derivativo específico, ou seja, que compreenda o máximo de características e particularidades relacionadas ao produto-mercado.

É sob tal problemática que emerge a seguinte **questão**: a proteção cruzada com contratos futuros de boi gordo da Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&FBovespa) é efetiva para a administração do risco de preços a vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil?. Diante dessa questão, o presente estudo tem por **objetivo** verificar a possibilidade de se mitigar o risco da volatilidade de preços no mercado a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil por meio do *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo na BM&FBovespa.

Ao visar atingir o objetivo e responder à questão de pesquisa, foram selecionados modelos estáticos e dinâmicos de estimação da razão ótima e efetividade do *cross hedge*, com a finalidade de testar a hipótese de mitigação do risco (mais detalhes sobre os critérios de escolha e seleção dos modelos de estimação são encontrados na seção 3 do presente artigo).

No que tange a relevância da pesquisa, destaca-se que uso das informações obtidas a partir dos resultados dos testes empíricos poderá contribuir para aumentar a eficiência na comercialização e melhorar a administração do risco de preços na cadeia produtiva da carne bovina. Em especial, ressalta-se que os testes permitiram analisar o desempenho do *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa na proteção contra o risco de preços do mercado a vista da vaca nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil. Complementarmente, foi verificado se os contratos futuros de boi gordo brasileiro da BM&FBovespa permitem uma trava adequada de cotação-preço para a vaca nas regiões selecionadas para o estudo.

## 2. Revisão de Literatura

O *cross hedging* tem como precursores os pesquisadores Anderson e Danthine (1981), que foram os responsáveis pela descrição teórica dessa que é uma estratégia alternativa ao *hedging* padrão em mercados futuros, e que é uma opção a ser adotada quando não existe um contrato futuro com as mesmas características do ativo no mercado a vista.

Ao ponderar que os contratos futuros dificilmente gerenciam perfeitamente os riscos de preços do mercado a vista, Anderson e Danthine (1981) colocam que a aquisição de um ou mais contratos possa contribuir para a redução do risco, o que corrobora o exposto pela abordagem da teoria de carteiras. Nesse sentido, a razão ótima de *cross hedge*, que se refere ao posicionamento ideal no mercado futuro que mitiga o risco de preços do mercado a vista, pode ser estimada exatamente da mesma maneira como em um *hedging* padrão.

Assim, enquanto o risco de base gerado pelo *hedging* padrão é, comumente, decorrente dos custos de carregamento, o *cross hedging* agrega outros fatores. Isso se deve, principalmente, à diferença entre os preços gerada pela disparidade entre as especialidades do produto negociado no mercado a vista e o padrão dos contratos futuros da *commodity* (ANDERSON; DANTHINE, 1981; BROOKS; DAVIES; KIN, 2007).

A não existência de contratos futuros compatíveis com as características 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 primeiros estudos que avaliaram a utilidade em mitigação do risco de preços pelo *cross hedging* foi o de Howard e D'antonio (1984), que expuseram que em alguns casos, o *cross hedging* pode ser tão efetivo na mitigação do risco quanto o *hedging* padrão, podendo até mesmo superá-lo em alguns casos.

Nessa mesma linha de investigação, Hayenga, Jiang e Lence (1996) analisaram as possíveis causas para o baixo desempenho do *hedging* para os participantes da indústria de processamento e comercialização de carne nos EUA. A análise empírica realizada por Hayenga, Jiang e Lence (1996) recomendou que as indústrias frigoríficas e os comerciantes de carne suína e bovina dos Estados Unidos deviam considerar o uso do *cross hedging* para aperfeiçoar o desempenho inferior do *hedging* padrão utilizado até o momento.

Outros estudos com *commodities* agrícolas também comparam a efetividade do *cross hedging* por operações em diferentes mercados futuros. Esse 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. Os resultados mostraram que as diferenças de custos e liquidez entre a KCBT e CBOT são pequenas, o que permitiria aos *hedgers* melhor desempenho via operações realizadas na KCBT.

Sob a perspectiva de redução do risco de preços, Rahman, Turner e Costa (2001) analisaram a viabilidade do *cross hedging* do farelo de algodão a partir da negociação de contratos futuros de farelo de soja. Ao recorrer à estimativa da razão ótima de *cross hedge* computada pelo modelo de variância mínima, os preços líquidos realizados foram calculados para sete diferentes mercados a vista. Os testes empíricos permitiram concluir que os contratos futuros de farelo de soja deveriam ser empregados como estratégia de *cross hedging* para minimização do risco de preços do farelo de algodão no mercado a vista.

Testes realizados com ativos não agrícolas também contribuíram para a pesquisa sobre gerenciamento de risco por estratégias de *cross hedging*. Este é o caso do estudo de (a) Glen e Jorion (1993), que concluíram que a adição de contratos futuros de moeda estrangeira para uma posição predeterminada em ações e títulos internacionais seria capaz de ampliar o desempenho da carteira; (b) Broll (1997), que sugeriu que um duplo *cross hedging* pode reduzir totalmente a estrutura a dois níveis de incertezas da taxa de câmbio; (c) Gagnon, Lypny e Mccurdy (1998), que corroboraram a proposição de Broll (1997) ao evidenciar que os efeitos de um *cross hedging* multimoeda são mais efetivos na cobertura do risco; e (d) Alexander e Barbosa (2005), que investigaram quais as estratégias de *cross hedging* ideais, no curto prazo, baseadas nos métodos dos mínimos quadrados ordinários e modelos heterocedásticos, para fundos de índices negociados em bolsa (do original em inglês, *exchange traded funds*, sigla ETF) com a utilização de contratos de índices de ações. Os resultados apontaram para uma redução significativa do risco, apesar da baixa volatilidade da base para as ações que constituem os ETFs.

Em perspectiva próxima à de Alexander e Barbosa (2005), Brooks, Davies e Kin (2007) avaliaram a efetividade do *cross hedging* de ações individuais pela negociação de contratos futuros de índices de ações e verificaram uma alta efetividade em termos de redução de risco.

Com ênfase na eficácia dos modelos econométricos aplicados na estimativa do posicionamento ótimo no mercado futuro, Hsu, Tseng e Wang (2008) debatem sobre o uso de diferentes métodos para estimação da razão ótima de *cross hedging* e sua respectiva efetividade em termos de cobertura do risco. Os resultados sugeriram que abordagem

tradicional do modelo de variância mínima utilizada em vários estudos anteriores é inadequada para a cobertura do risco com contratos futuros.

Diante disso, Hsu, Tseng e Wang (2008) propuseram uma classe de modelos para estimar a razão ótima e comparar o respectivo desempenho em maximização da utilidade com a de outros modelos de estimação da razão de *cross hedge*, incluindo os modelos de regressão baseados nos mínimos quadrados ordinários e modelos heterocedásticos. Os resultados empíricos mostraram que, tanto para os testes dentro da amostra, quanto para aqueles fora da amostra, que os métodos de estimação baseados nos modelos heterocedásticos são mais efetivos na redução do risco.

No Brasil, os estudos sobre *cross hedging* concentram-se no mercado da soja e seus derivados e empregaram principalmente modelos de regressão baseados nos mínimos quadrados ordinários na estimação da razão ótima. Silva, Aguiar e Lima (2003) analisam 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. Neste, foram utilizadas cotações diárias de preços, entre os meses de agosto de 1998 e setembro de 2000, nos testes empíricos.

No caso do *cross hedging* com o contrato futuro da soja da BM&F, Silva, Aguiar e Lima (2003) verificaram uma baixa efetividade em mitigação do risco. Para o farelo de soja, apesar da baixa efetividade, foram constatadas vantagens para o *hedging* padrão com o contrato de farelo da CBOT. O mesmo se aplicou ao óleo de soja, cujos resultados também foram favoráveis ao *cross hedging* na CBOT. Mas, para a soja em grão, o contrato futuro com o mesmo padrão da *commodity* da BM&F proporcionou 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, a efetividade é superior para a maioria das regiões estudadas, com 60% de redução de risco, aproximadamente, enquanto, no primeiro semestre, essa redução situava em torno de 35%.

Nessa linha de investigação, Maia e Aguiar (2010) verificaram 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 dos testes apontaram



para o fortalecimento da base entre maio e novembro, seguido pelo enfraquecimento da base nos seis meses seguintes.

Nota-se que os estudos que analisaram a efetividade do *cross hedging* para *commodities* agrícolas brasileiras, como os de Silva, Aguiar e Lima (2003), Martins e Aguiar (2004), Maia e Aguiar (2010) e Silveira e Ferreira Filho (2003), apresentam diversas características comuns, dentre as quais, destacam-se: a verificação da cobertura do risco de preços de uma *commodity* agrícola produzida localmente (ou seja, no Brasil) pela negociação com um derivativo de mercados futuros de outros países; e a aplicação de modelos de estimação da razão de *cross hedge* que seguem o paradigma estático de determinação da posição ótima a ser adotada no mercado futuro, como é o caso dos modelos de variância mínima, com correção de erro e *full hedging*.

Nesse contexto, o presente estudo diferencia-se dos demais em dois aspectos principais: (a) tem como ponto de partida a verificação da efetividade do *cross hedging* com contratos futuros de uma *commodity* (boi gordo), na mitigação do risco de um produto com características similares (vaca); e (b) o desempenho em mitigação do risco é avaliado pela aplicação de modelos de estimação da razão de *cross hedge* que seguem os paradigmas dinâmicos e estáticos de determinação da posição ótima a ser adotada no mercado futuro.

### 3. Metodologia

Ao visar atingir o objetivo do presente estudo, optou-se por uma pesquisa de natureza quantitativa do tipo descritiva que, em especial, abrangeu a análise e a interpretação dos dados apoiada pela aplicação de técnicas estatísticas (econometria). A definição das hipóteses, os modelos de estimação e seus respectivos critérios de seleção para aplicação nos testes empíricos e, a caracterização dos dados da pesquisa, são apresentados na sequência desta seção.

#### 3.1. Hipótese da pesquisa

A hipótese de que a mitigação do risco de preços é efetiva quando utilizada a combinação simultânea entre o mercado a vista da vaca nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil e o mercado futuro do boi gordo brasileiro na BM&FBovespa, tem origem no alvo do mercado futuro; que é minimizar os riscos gerados pelas volatilidades do

mercado a vista, e que pode ser realizado por meio do: (1) *hedging*, cujo à operação com derivativos envolve a compatibilidade entre as especificações do ativo no contrato e o ativo a ser protegido no mercado a vista; ou (2) *cross hedging*, cujo à operação com derivativos envolve diferenças (ou apenas similaridades) entre as especificações do ativo no contrato e o ativo a ser protegido no mercado a vista (físico).

Diante de tal hipótese, foram realizados testes empíricos fora da amostra, que permitiram verificar a efetividade do *cross hedging* um passo a frente, ou seja, a partir da previsibilidade da mitigação do risco da vaca pela aplicação das razões ótimas de *cross hedge* com contratos futuros de boi gordo da BM&FBovespa. Destaca-se, ainda, que a estimativa de efetividade do *cross hedging* aplicada com a finalidade de definir pela rejeição ou não da hipótese de mitigação do risco, foi calculada com base na equação:  $e_{ch} = 1 - (\text{var}(H^*) / \text{var}(U))$ . Em que:  $e_{ch}$ , 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 do boi gordo;  $\sigma_{sf}^2$ , é a covariância entre preços a vista da vaca e futuros do boi gordo; e,  $ch$ , é a razão ótima de *cross hedge*.

Dessa forma, a hipótese nula e a hipótese alternativa são as seguintes:  $H_0: e_{ch} < 0,60$ , o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável;  $H_{IA}: e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ , o *cross hedging* no mercado futuro mitiga o risco em um nível aceitável; e,  $H_{IB}: e_{ch} \geq 0,80$ , o *cross hedging* no mercado futuro é efetivo e mitiga significativamente o risco de preços.

Assim sendo, os testes de hipóteses atendem a finalidade principal do presente estudo, que é a de verificar se é possível mitigar o risco da volatilidade de preços no mercado a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil por meio do *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo na BM&FBovespa. A efetividade máxima do *cross hedging* para mitigação do risco da volatilidade de preços da vaca pode ser no máximo igual a 1; o que representa ao multiplicar por 100, o desempenho máximo em efetividade, ou seja, proteção total contra o risco de preços.

O nível de efetividade do *cross hedging* estabelecido para o teste de hipóteses fundamenta-se no indicador de retorno do *hedge*, da deliberação da CVM Nº 604, que aprova o pronunciamento técnico CPC 38 e determina que a proteção torna-se eficaz quando atinge patamar igual ou superior a 0,80. No entanto, o indicador de efetividade do *cross hedging* do teste de hipóteses baseia-se no desempenho em mitigação do risco e não no retorno; daí, a



definição de que ao atingir valores entre 0,80 e 1,00 (rejeita-se a hipótese nula,  $H_0$ , e a hipótese alternativa,  $H_{IA}$ , e não se rejeita a hipótese alternativa,  $H_{IB}$ ). O patamar de efetividade que se refere a não rejeição da  $H_{IA}$ :  $\geq 0,60$  e  $< 0,80$ , fundamenta-se na literatura sobre administração do risco de preços de *commodities* agrícolas via *cross hedging* em mercados futuros (mais detalhes podem ser encontrados nos artigos/papers referenciados na seção 2.1 e 4.3 deste artigo).

### 3.2. Modelos de estimação e critérios de seleção

Para consecução deste estudo, optou-se pela aplicação de modelos estáticos e dinâmicos para estimação das razões ótimas de *cross hedge*, ambos escolhidos com a intenção de testar a hipótese de mitigação do risco. Assim sendo, foram selecionados os modelos: [1] *full hedging* ou *cross hedge* completo; [2] de variância mínima de Ederington (1979); [3] vetorial autorregressivo com a inclusão do mecanismo de correção de erro (VEC); e [4] heterocedástico autorregressivo generalizado diagonal *BEKK*, de Baba *et al.* (1990) e Engle e Kroner (1995).

A opção pelo uso do modelo heterocedástico *BEKK* deve-se às evidências de heterocedasticidade detectadas nas séries de preços a vista e futuros. Essas evidências foram constatadas a partir da aplicação do teste do Multiplicador de *Lagrange* para identificação da presença de heterocedasticidade condicional autorregressiva (sigla em inglês, *ARCH-LM*). Em teoria, o uso dos modelos heterocedásticos deve-se, também, ao alinhamento desses à concepção da utilidade pela minimização da volatilidade da riqueza, abordagem essa que não pressupõe a racionalidade dos *hedgers*, nem a disponibilidade incondicional das informações; já que presume que novas informações são incorporadas ao longo do tempo; o que, de acordo com Bollerslev (1990) e Engle e Kroner (1995), causa alterações na média e na volatilidade; o que torna os riscos inconstantes ao longo do tempo. Assim sendo, a razão ótima de *cross hedge* estimada pela aplicação dos modelos heterocedásticos é tida como dinâmica por levar em conta que a variância entre os preços a vista e futuros e a covariância entre os mesmos, sofrem alterações ao longo tempo.

Com o intento de amparar teste da hipótese de mitigação do risco, foram selecionados, também, os modelos: [1] *full hedging*; [2] de variância mínima; e [3] vetorial autorregressivo com a inclusão do mecanismo de correção de erro (VEC). No caso da aplicação do modelo VEC, destaca-se que, inicialmente, foi verificada a existência de relação longo prazo entre as

séries e a nulidade de suas tendências, ou seja, o equilíbrio da sua relação; o que, em teoria, torna viável a estimação pelo mesmo. Para tal, o teste de Johansen (1988) foi empregado para averiguar a existência ou não de relação de longo prazo entre as séries, o que legitimou a estimativa do VEC simultâneo aos vetores de cointegração. O teste traço de Johansen e Juselius (1990) foi aplicado para aferir a cointegração entre as séries temporais em estudo.

### 3.3. Dados e procedimentos

No contexto temporal do presente estudo, destaca-se que as séries diárias dos preços a vista da vaca nas principais regiões produtoras de carne bovina e séries diárias dos preços futuros da arroba do boi gordo na BM&FBovespa, compreendem o período entre 02 de janeiro de 2006 e 29 de fevereiro de 2016 (2511 observações). As séries de preços foram disponibilizadas pela Inteligência de Mercado da Minerva *Foods* e referem-se às cotações obtidas junto ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) da Universidade do Estado de São Paulo (USP).

Para o cálculo das razões ótimas de *cross hedge* foi utilizada uma série temporal compreendida entre 02 de janeiro de 2006 e 31 de outubro de 2014 (2184 observações *in-sample*, em português, dentro da amostra); enquanto que, para o teste empírico de efetividade do *cross hedging* foi utilizada uma série temporal que vai de 03 novembro de 2014 a 29 de fevereiro de 2016 (327 observações *out-sample*, em português, fora da amostra). A efetividade do *cross hedging*, que é a estimativa utilizada para rejeitar ou não a hipótese de mitigação do risco, foi avaliada para diferentes horizontes de planejamento, foram eles: longo prazo (12 meses e 9 meses) e curto prazo (6 meses e 3 meses).

O horizonte de planejamento de cobertura de risco foi definido com base no tempo comumente utilizado na pecuária de corte para recria e engorda de bovinos nos sistemas de produção, extensivo, semi-intensivo (semi-confinamento) e intensivo (confinamento). Além da mitigação do risco por horizonte de planejamento (curto e longo prazo), também, foi possível avaliar em quais meses de vencimento às operações *de cross hedging* com contratos futuros de boi gordo da BM&FBovespa são mais efetivas na mitigação do risco de volatilidade de preços da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil.

Os procedimentos adotados com as séries de preços a vista e futuros foram os mesmos realizados por Oliveira Neto (2014), ou seja, as séries de preços foram transformadas em

retornos e logaritimizadas em razão de suas propriedades estatísticas (simetria, curtose, estacionariedade, heterocedasticidade) e também com o intuito de remover as tendências exponenciais. As séries de preços foram ainda analisadas quanto aos valores da base, risco de base, associação linear (por meio do coeficiente de correlação de *Pearson*) e, também, verificadas quanto à estacionariedade; a partir da aplicação do teste da raiz unitária de *Phillips* e *Perron* (1988).

O teste da raiz unitária primeiramente foi realizado em nível (série original dos preços a vista e futuros), e, neste, atestou-se pelos valores da estatística *d* de *Durbin* e *Watson* (1951) problemas de autocorrelação. Em seguida, pelo o teste da raiz unitária na primeira diferença (série de retornos dos preços a vista e futuros), registrou-se valores para estatística *d* de *Durbin* e *Watson* que apontaram que as séries de preços são integradas de ordem um e, portanto, não apresentam problemas de autocorrelação na primeira diferença. Esses procedimentos foram os mesmos adotados por Oliveira Neto e Garcia (2013).

No que tange ao equilíbrio e robustez estatística dos modelos econométricos selecionados para estimação das razões ótimas de *cross hedge*, isto foi possível a partir dos critérios de informação, de *Akaike* (*AIC*) e bayesiano de *Schwarz* (*SBC*) (GUJARATI; PORTER, 2011). As razões ótimas e efetividades do *cross hedging* computadas respeitaram as especificidades dos métodos; o que não resultou em benefício e nem em infração de nenhum destes em particular.

O Quadro 1 apresenta os sistemas de equações dos modelos de estimação das razões ótimas e efetividades do *cross hedging*, que fazem parte dos testes empíricos desse trabalho, e que, portanto, referem-se às estratégias de proteção contra o risco da volatilidade dos preços da vaca nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil.

**Quadro 1: Modelos aplicados à estimação da razão ótima e efetividade do *cross hedging***

Modelo	Sistema de equações	Razão ótima de <i>cross hedge</i> ( <i>h</i> )	Efetividade do <i>cross hedging</i> ( <i>e</i> )
<i>FH</i>	Não se aplica	$h = 1$ Neste caso, a posição de <i>cross hedge</i> ( <i>h</i> ) completa de cobertura é a razão considerada ideal pelo método <i>full hedging</i> .	$e = \sigma_u^2 - \sigma_h^2 / \sigma_u^2$ Em que: <i>e</i> , representa a efetividade do <i>cross hedging</i> ; $\sigma_u^2$ é a variância da carteira não protegida e; $\sigma_h^2$ é a variância da carteira protegida.
<i>VM</i>	$\Delta S = \alpha + \beta \Delta F + u_t$	Em que: $\alpha$ , é uma constante da regressão; $\Delta S_t$ e $\Delta F_t$ , são as variações dos preços a vista e futuros durante o <i>cross hedging</i> e; $\beta$ , é a razão ótima de <i>cross hedge</i> ( <i>h</i> ).	$e = \sigma_{sf}^2 / \sigma_s^2 \sigma_f^2 = \rho^2$ Em que: $\rho^2$ , é o coeficiente de determinação $R^2$ , entre a variância dos preços a vista $\sigma_s^2$ e a variância dos preços futuros $\sigma_f^2$ .

<p>VEC</p>	$\begin{cases} \Delta S_t = c_s + \sum_{i=1}^k \beta_{si} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{fi} \Delta F_{t-i} + \gamma_s Z_{t-1} + \mu_{sf} \\ \Delta F_t = c_f + \sum_{i=1}^k \beta_{fi} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{fi} \Delta F_{t-i} - \gamma_f Z_{t-1} + \mu_{ff} \end{cases}$	<p><math>h = \sigma_{sf} / \sigma_{ff}</math>                  Em que: <math>\sigma_{sf}</math> é a covariância entre os preços a vista e futuros; <math>\sigma_{ff}</math> é a variância dos preços futuros; e <math>h</math> é a razão ótima de <i>cross hedge</i>.</p>	$e = \sigma_u^2 - \sigma_h^2 / \sigma_u^2$ <p>Em que: <math>e</math>, representa a efetividade do <i>cross hedging</i>; <math>\sigma_u^2</math> é a variância da carteira não protegida e; <math>\sigma_h^2</math> é a variância da carteira protegida.</p>
<p>BEKK</p>	$\begin{cases} h_{s,t} = c_{ss} + \alpha_{22}^2 \varepsilon_{s,t-1}^2 + \beta_{22}^2 h_s \\ h_{sf,t} = c_{sf} + \alpha_{11} \alpha_{22} \varepsilon_{s,t-1}^2 + \beta_{11} \beta_{22} h_{sf} \\ h_{f,t} = c_{ff} + \alpha_{11}^2 \varepsilon_{f,t-1}^2 + \beta_{11}^2 h_f \end{cases}$	<p><math>h_t = \text{cov}(\Delta s_t, \Delta f_t   \Omega_{t-1}) / (\Delta f_t   \Omega_{t-1})</math>                  Em que: <math>\Delta S_t</math> e <math>\Delta F_t</math> são as variações absolutas dos preços a vista e futuros; <math>\Omega_{t-1}</math> é a matriz de covariância condicional; e <math>h_t</math> é a razão ótima de <i>cross hedge</i>.</p>	<p>Em que: <math>e</math>, representa a efetividade do <i>cross hedging</i>; <math>\sigma_u^2</math> é a variância da carteira não protegida e; <math>\sigma_h^2</math> é a variância da carteira protegida.</p>

Nota: (FH) full hedging ou cross hedge completo; (VM) modelo de variância mínima de Ederington (1979); (VEC) modelo vetorial autorregressivo com a inclusão do mecanismo de correção de erro de Lien e Luo (1994); (BEKK) modelo heterocedástico autorregressivo generalizado bivariado diagonal *bekk* de Baba *et al.* (1990) e Engle e Kroner (1995).

Fonte: Adaptado de Oliveira Neto, Alencar e Figueiredo (2015).

Os testes empíricos, assim como, às estimações econométricas referentes às análises necessárias à consecução deste estudo foram realizados a partir da utilização do *software Views*. No tratamento, transformação e seleção dos dados foi usado o *software Microsoft Excel*.

#### 4. Resultados e análises

##### 4.1. Comportamento dos preços

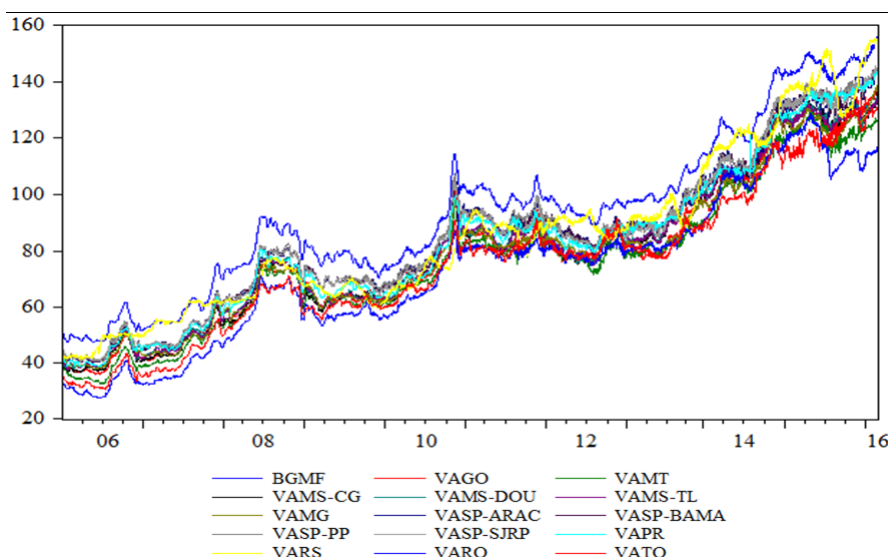
O comportamento dos preços futuros do boi gordo na BM&FBovespa e dos preços a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil entre janeiro de 2006 e fevereiro de 2016 (ambos cotados em reais por arroba) podem ser visualizados no Gráfico 1. Nota-se que a maioria das séries de preços movimenta-se de forma similar na maior parte do tempo.

Destaca-se ainda no decorrer dos anos em estudo, que geralmente os preços são mais altos, no terceiro trimestre (julho-agosto-setembro) e mais baixos, no primeiro quadrimestre (janeiro-fevereiro-março-abril), respectivamente; períodos com menor e maior incidência de chuvas nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. As exceções em termos de comportamento são as séries de preços da vaca das praças das Regiões Norte e Sul do País, mais precisamente, Sudoeste/RO, Norte/TO e Oeste/RS.

Sugere-se que a diferença dos preços da vaca nas praças das Regiões Norte e Sul com as demais praças se deve as características climáticas e meteorológicas dessas com as das Regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. A respeito dos preços da vaca nas praças produtoras das Regiões Centro-Oeste e Sudeste, e também, do Noroeste/PR, tanto no período

seco como no período chuvoso, pode-se notar que estes apresentam maior similitude em termos de comportamento, incluindo maior semelhança com o comportamento dos preços do boi gordo na BM&FBovespa.

A análise do comportamento dos preços tem continuidade com a apresentação das estatísticas descritivas dos preços originais (ver Tabela 1). Em suma, esta análise permitiu uma avaliação preliminar do comportamento e da volatilidade dos preços futuros do boi gordo na BM&FBovespa e dos preços a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil, bem como a verificação de importantes medidas de tendência central e de dispersão.



**Gráfico 1: Comportamento dos preços futuros do boi gordo na BM&FBovespa e dos preços a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil no período (Janeiro/2006 – fevereiro/2016)**

**Nota:** (BG) Boi Gordo, (MF) Mercado Futuro do Boi Gordo da BM&FBovespa, (VA) Vaca, (GO) Goiânia/GO, (MT) Cuiabá/MT, (MS-CG) Campo Grande/MS, (MS-DOU) Dourados/MS, (MS-TL) Três Lagoas/MS, (MG) Triangulo/MG, (ARAC) Araçatuba/SP, (BAMA) Bauru-Marília/SP, (PP) Presidente Prudente/SP, (SJRP) São José do Rio Preto/SP, (PR) Região Noroeste/PR, (RS) Região Oeste/RS, (RO) Região Sudoeste/RO, (TO) Região Norte/TO.

**Fonte:** Dados da Pesquisa.

Dados da Tabela 1 permitiram verificar que os preços médios preços da vaca nas praças produtoras de carne bovina do Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Sul do Brasil posicionam-se respectivamente em torno de 15%, 10%, 10% e 21% abaixo dos preços futuros do boi gordo na data de vencimento dos contratos na BM&FBovespa. As diferenças dos valores das medianas de preços do boi gordo e da vaca no período estudado foram bastante similares às diferenças das médias de preços de ambos.

**Tabela 1: Estatística descritiva dos preços futuros do boi gordo na BM&FBovespa e dos preços a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil no período (Janeiro/2006 – fevereiro/2016)**

	MF	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	ARA	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
<b>Média</b>	93,45	79,05	76,02	79,83	80,43	80,17	78,83	84,55	84,57	85,25	84,46	82,85	85,16	72,91	74,70
<b>Mediana</b>	92,97	78,01	77,01	78,35	78,87	78,81	79,89	85,02	85,10	85,00	84,07	82,09	82,88	77,24	77,99
<b>Máximo</b>	155,9	137,3	130,0	136,5	134,6	135,3	138,6	144,3	144,7	144,9	145,8	144,8	155,6	128,9	130,9
<b>Mínimo</b>	47,17	35,69	32,43	36,58	37,59	37,40	37,73	39,95	40,16	40,07	40,71	38,52	41,17	27,34	30,58
<b>DP</b>	28,38	26,20	25,34	26,81	26,39	26,27	25,48	26,94	27,10	27,52	27,27	27,36	28,51	26,44	25,91
<b>Assimetria</b>	0,39	0,41	0,31	0,36	0,37	0,36	0,39	0,35	0,36	0,38	0,43	0,43	0,68	0,13	0,26
<b>Curtose</b>	2,45	2,47	2,46	2,34	2,35	2,33	2,46	2,45	2,46	2,46	2,50	2,49	2,65	2,23	2,47
<b>J-B</b>	96,0	98,6	71,8	100,4	103,1	101,9	95,0	82,2	85,8	89,9	103,6	103,1	207,2	68,6	57,4
<b>p-valor</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Observações</b>	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511

**Nota:** (DP) Desvio Padrão, (*J-B*) teste de Jarque e Bera (1987), (MF) Mercado Futuro do boi gordo da BM&FBovespa, (GO) Goiânia/GO, (MT) Cuiabá/MT, (CG) Campo Grande/MS, (DOU) Dourados/MS, (TL) Três Lagoas/MS, (MG) Triângulo/MG, (ARA) Araçatuba/SP, (BM) Bauru-Marília/SP, (PP) Presidente Prudente/SP, (SJ) São José do Rio Preto/SP, (PR) Região Noroeste/PR, (RS) Região Oeste/RS, (RO) Região Sudoeste/RO, (TO) Região Norte/TO. **Fonte:** Dados da Pesquisa.

No que se refere à dispersão, foi verificado que o desvio padrão dos preços futuros do boi gordo na BM&FBovespa foi aproximadamente 6% superior aos desvios padrão dos preços da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil. As estatísticas apresentadas na Tabela 1 apontam, ainda, para não normalidade das distribuições, uma vez que os valores esperados para assimetria e curtose em uma distribuição normal são, respectivamente, zero e três, e a sua volatilidade é constante. Ao visar a uma avaliação mais precisa sobre a normalidade da distribuição dos dados, optou-se pela aplicação do teste de Jarque e Bera (1987), cujos resultados rejeitaram a hipótese nula de normalidade.

Os valores da base em reais e suas principais estatísticas descritivas, em especial, o risco de base (desvio padrão da base), são apresentados na Tabela 2. Em suma, esses dados permitem uma visão mais abrangente sobre comportamento da base; que é resultado da diferença entre os preços a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil e os preços futuros do boi gordo na data do vencimento dos contratos na BM&FBovespa.

De acordo com dados da Tabela 2, constatou-se que entre janeiro de 2006 e fevereiro de 2016, em média, os preços da vaca nas praças da Região Centro-Oeste estiveram em torno de 15% abaixo dos preços do boi gordo na BM&FBovespa, com exceção da praça de Cuiabá/MT, cujo a base média da vaca foi 18% inferior aos preços do boi gordo. Os preços da vaca nas praças da Região Norte foram os que apresentaram maior diferença dos preços futuros do boi gordo da BM&FBovespa, com valores da base em torno de 22% e 20% inferiores para a vaca nas praças do Sudoeste/RO e do Norte/TO, respectivamente.



**Tabela 2: Estatística descritiva da base em reais por arroba da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil no período (Janeiro/2006 – fevereiro/2016)**

	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	ARA	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
<b>Média</b>	-16,13	-19,50	-15,46	-14,59	-14,87	-16,15	-10,00	-10,03	-9,36	-10,15	-12,07	-9,25	-23,66	-21,27
<b>Mediana</b>	-15,87	-18,45	-14,67	-14,17	-14,34	-15,56	-9,38	-9,42	-8,82	-9,96	-11,63	-9,82	-21,26	-19,87
<b>Máxima</b>	-5,68	-8,51	-8,05	-7,87	-8,47	-8,75	-2,70	-4,33	-3,05	-3,23	2,70	7,17	-9,52	-6,98
<b>Mínima</b>	-25,76	-34,17	-25,92	-23,27	-23,44	-23,39	-16,45	-16,62	-16,99	-15,85	-20,65	-31,09	-43,70	-38,56
<b>RB</b>	3,85	4,30	4,14	3,32	3,24	2,87	2,66	2,54	2,88	2,44	3,21	6,63	7,77	6,14
<b>Assimetria</b>	-0,28	-0,92	-0,49	-0,34	-0,33	-0,28	-0,40	-0,63	-0,52	-0,13	-0,14	0,00	-0,83	-0,68
<b>Curtose</b>	2,38	3,30	2,19	2,15	1,99	2,08	2,36	2,50	2,43	2,38	2,84	2,53	2,58	2,70
<b>J-B</b>	72,7	363,8	168,7	125,0	151,2	121,5	107,9	190,1	144,6	46,7	11,2	22,8	309,4	200,3
<b>p-valor</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000

**Nota:** (base) Resultado da diferença entre o preço a vista da vaca e o preço futuro do boi gordo na data do vencimento dos contratos na BM&FBovespa, (RB) Risco de Base, (J-B) teste de Jarque e Bera (1987), (MF) Mercado Futuro do boi gordo da BM&FBovespa, (GO) Goiânia/GO, (MT) Cuiabá/MT, (CG) Campo Grande/MS, (DOU) Dourados/MS, (TL) Três Lagoas/MS, (MG) Triângulo/MG, (ARA) Araçatuba/SP, (BM) Bauru-Marília/SP, (PP) Presidente Prudente/SP, (SJ) São José do Rio Preto/SP, (PR) Região Noroeste/PR, (RS) Região Oeste/RS, (RO) Região Sudoeste/RO, (TO) Região Norte/TO. **Fonte:** Dados da Pesquisa.

Ao observar a diferença o valor da base da vaca nas praças da Região Sudeste do Brasil, foi verificado que as praças paulistas apresentaram, em média, preços em torno de 9% inferiores aos do boi gordo na BM&FBovespa; enquanto que o preço da vaca na praça do Triângulo/MG, posicionou-se em média 15% abaixo do preço futuro do boi gordo. O valor médio da base para a vaca das praças da Região Sul do País foi próximo ao obtido para as praças paulistas, mais precisamente, inferior aos preços do boi gordo na BM&FBovespa em 11,27% para o Noroeste/PR e 8,64% para o Oeste/RS.

Sobre o comportamento da base, verificou-se, também, uma maior proximidade entre os preços da vaca e do boi gordo entre os meses de janeiro e março, para praticamente todas as praças em estudo. Mercadologicamente, sugere-se que essa aproximação se dá em consequência de escalas curtas de abate de boi gordo (baixa oferta), e, também, por coincidir com períodos característicos de descarte de fêmeas com baixa fertilidade ou vazias (não prenhas).

Com base nos dados da Tabela 2, foi verificado que os riscos de base para vaca nas praças da Região Centro-Oeste foram de aproximadamente 0,50% para Dourados/MS e Três Lagoas/MS, 0,60% para Goiânia/GO e Campo Grande/MS, e 0,80% para Cuiabá/MT. Já para as praças da Região Sudeste, o risco de base foi de 0,25% para a vaca nas praças paulistas de Araçatuba/SP, Bauru-Marília/SP, Presidente Prudente/SP e São José do Rio Preto/SP, enquanto que, no Triângulo Mineiro/MG, foi de 0,46%. O risco de base para a vaca das praças da Região Sul do País foi próximo ao obtido para as praças do Centro-Oeste, mais precisamente, 0,38% para o Noroeste/PR e 0,61% para o Oeste/RS.

Dentre as praças estudadas, apenas as da Região Norte apresentaram risco de base para vaca superior a 1%, sendo de respectivamente, 1,83% e 1,30% para as Regiões Sudoeste/RO e

Norte/TO (ver Tabela 2). A diferença em termos de risco de base das praças da Região Norte do Brasil comparada às demais praças sugerem a maior volatilidade dos preços nas mesmas, assim como, é um indicativo de maior dificuldade para administração do risco de preços.

Mas, vale ressaltar que o risco de base estimado para a vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil pode ser considerado baixo quando comparado aos encontrados nos estudos que envolvem outras operações de *cross hedging* e *hedging* de produtos-*commodities* agrícolas, como os de: Oliveira Neto (2014) para os novilhos argentinos e uruguaios; Oliveira Neto, Alencar e Figueiredo (2015) para o boi gordo paraguaio; Fileni, Marques e Machado (1999) e Fontes, Castro Júnior e Azevedo (2005) para o café arábica das principais regiões produtoras do Brasil, e de Botelho Filho e Souza Júnior (2006) para a soja no Estado de Mato Grosso, principal Estado produtor desta *commodity* no Brasil.

Após a verificação das estatísticas descritivas dos preços e da base, apresenta-se, na Tabela 3, a correlação entre os preços futuros do boi gordo na BM&FBovespa e os preços a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil no período que vai de janeiro de 2006 a fevereiro de 2016.

Em resumo, a análise da correlação linear entre os preços é tida pela teoria da maximização da utilidade pela minimização do risco como determinante para o posicionamento ótimo de contratos no mercado futuro. Neste contexto, Wang e Yau (1994) expõem que, quanto maior a associação os mercados futuro e a vista, maior será a probabilidade de descoberta da razão ótima de contratos futuros para trava de um preço objetivo.

Com base nos resultados da Tabela 3, pode-se notar que estatisticamente os preços a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil são forte, positiva e significativamente correlacionados com os preços futuros do boi gordo na BM&FBovespa, com valores estimados entre (0,97 e 0,99); o que indica uma relação linear quase perfeita entre os preços.

O mesmo aplica-se a correlação linear entre os próprios preços a vista da vaca nas principais praças produtoras, que se posicionaram entre (0,96 e 0,99). Assim sendo, é importante ressaltar que são os altos valores positivos para correlação entre os preços futuros boi gordo na BM&FBovespa e preços a vista da vaca nas praças em estudo, e que estes são indicativos de que o mercado futuro pode assegurar um preço objetivo (cotação) em troca do

risco de base, o que é essencial para a administração efetiva do risco de volatilidade dos preços no mercado a vista.

**Tabela 3: Correlação linear entre os preços futuros do boi gordo na BM&FBovespa e preços a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil no período (Janeiro/2006 – fevereiro/2016)**

	MF	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	ARA	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
MF	1	0,995*	0,996*	0,996*	0,997*	0,997*	0,997*	0,998*	0,999*	0,998*	0,998*	0,997*	0,976*	0,988*	0,991*
GO		1	0,995*	0,996*	0,996*	0,996*	0,998*	0,996*	0,996*	0,997*	0,996*	0,994*	0,970*	0,986*	0,992*
MT			1	0,996*	0,996*	0,996*	0,996*	0,996*	0,997*	0,996*	0,996*	0,994*	0,972*	0,992*	0,992*
CG				1	0,999*	0,999*	0,996*	0,996*	0,996*	0,997*	0,996*	0,996*	0,971*	0,990*	0,991*
DOU					1	0,999*	0,996*	0,996*	0,997*	0,998*	0,997*	0,996*	0,972*	0,990*	0,991*
TL						1	0,997*	0,997*	0,997*	0,998*	0,997*	0,996*	0,972*	0,990*	0,991*
MG							1	0,997*	0,998*	0,998*	0,998*	0,996*	0,973*	0,989*	0,993*
ARA								1	0,998*	0,998*	0,998*	0,997*	0,974*	0,988*	0,992*
BM									1	0,999*	0,998*	0,998*	0,975*	0,989*	0,993*
PP										1	0,999*	0,998*	0,973*	0,987*	0,993*
SJRP											1	0,998*	0,975*	0,985*	0,992*
PR												1	0,979*	0,985*	0,993*
RS													1	0,963*	0,966*
RO														1	0,987*
TO															1

Nota: (\*) Estatisticamente significativa ao nível de 5%. (MF) Mercado Futuro do boi gordo da BM&FBovespa, (GO) Goiânia/GO, (MT) Cuiabá/MT, (CG) Campo Grande/MS, (DOU) Dourados/MS, (TL) Três Lagoas/MS, (MG) Triângulo/MG, (ARA) Araçatuba/SP, (BM) Bauru-Marília/SP, (PP) Presidente Prudente/SP, (SJ) São José do Rio Preto/SP, (PR) Região Noroeste/PR, (RS) Região Oeste/RS, (RO) Região Sudoeste/RO, (TO) Região Norte/TO. Fonte: Dados da Pesquisa.

#### 4.2. Razão e efetividade do *cross hedging*

A hipótese de que a combinação simultânea entre o mercado a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil e o mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa seja efetiva na mitigação do risco de preços foi testada a partir da aplicação das razões ótimas de *cross hedge* calculadas por diferentes modelos de estimação, conforme considerações expostas na seção 3.2 deste artigo. As estimativas das razões ótimas de *cross hedge* da vaca no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa podem ser visualizadas na Tabela 4, enquanto as efetividades do *cross hedging* por praça e por período de tempo do *cross hedging* encontram-se expostas nas Tabelas 5, 6, 7 e 8.

Os desempenhos em mitigação do risco pelo *cross hedging* da vaca nas principais praças/regiões produtoras de carne bovina do Brasil foram confrontados com os de pesquisas semelhantes, com destaque para as relacionadas a outros mercados de *commodities* agrícolas (ver seção 4.3). A comparação com resultados de outras pesquisas teve por finalidade permitir uma melhor avaliação do desempenho do *cross hedging* da vaca no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa e, também, fornecer suporte à discussão sobre os resultados atingidos pelo uso dos modelos de estimação da razão ótima de *cross hedge* na cobertura do risco de preços, isto posto, ao considerar os pressupostos teóricos envolvidos na análise.

Na Tabela 4 apresentam-se as razões ótimas de *cross hedge* estimadas e, que posteriormente foram testadas para a mitigação do risco de preços a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil (ver Tabelas 5, 6, 7 e 8). Conforme exposto na Tabela 4, por ordem, verificou-se que as razões de *cross hedge* mais econômicas em posicionamento ótimo no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa para proteção do risco de preço de preço no mercado a vista da vaca foram às estimadas pelos modelos: [1º] heterocedástico autorregressivo generalizado diagonal *BEKK*, de Baba *et al.* (1990) e Engle e Kroner (1995); [2º] de variância mínima de Ederington (1979) e [3º] vetorial autorregressivo com a inclusão do mecanismo de correção de erro (VEC). O modelo *full hedging* não foi avaliado nesta situação; já que, originalmente, é definido como completo, ou seja, igual a 1.

Após a estimação das razões ótimas de *cross hedge* e apresentação das mesmas na Tabela 4, os modelos foram avaliados com base nos critérios de informação de *Akaike* e bayesiano de *Schwarz* quanto ao melhor ajuste (ou parcimônia). Segundo Gujarati (2011), esses critérios impõem penalidades ao acréscimo de regressores e, dessa forma, tem-se um *trade-off* entre a qualidade do ajustamento e a complexidade dos modelos; que é verificada pelo número de regressores. Os resultados apontaram que o modelo com melhor ajuste é o heterocedástico *BEKK*, seguido do modelo VEC, uma vez que esses apresentaram os menores valores para os critérios de informação de *Akaike* e bayesiano de *Schwarz*. Esses resultados corroboram, também, os encontrados nos estudos de Casillo (2004), Choudhry (2004), Yang e Allen (2004), Park e Jei (2010) e Zanotti, Gabbi e Geranio (2010).

Apesar da importância da verificação da parcimônia de um modelo de regressão quanto ao número de parâmetros, e o seu “equilíbrio” estatístico quanto aos critérios de informação, tal fato não garante ao mesmo um desempenho superior aos demais, ou seja, uma razão de *cross hedge* estimada por uma estratégia considerada mais simples pode apresentar resultados superiores em termos de efetividade. Assim sendo, ao verificar os resultados das Tabelas 5, 6, 7 e 8, notar-se-á que as estimativas de efetividade do *cross hedging* da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil pela negociação de contratos futuros de boi gordo da BM&FBovespa pelas diferentes estratégias (razões de *cross hedge*), em geral, não apresentaram diferenças significativas quanto ao desempenho em mitigação do risco.

Mas, é importante ressaltar que em termos proporção de contratos futuros a serem negociados, a estratégia de cobertura completa ou igual a 1 (*full hedging*) no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa mostrou-se mais econômica que as estratégias de cobertura ótima, que se referem à aplicação das razões ótimas de *cross hedge* estimadas pelos modelos

de variância mínima (VM), vetorial autorregressivo, com a inclusão do mecanismo de correção de erro (VEC) e heterocedástico autorregressivo generalizado diagonal *BEKK*, de Baba *et al.* (1990) e Engle e Kroner (1995).

**Tabela 4: Razão ótima de *cross hedge* para a vaca das principais praças produtoras de carne bovina do Brasil no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa**

MODELO	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
<i>VM</i>	1,105	1,156	1,138	1,101	1,103	1,075	1,077	1,078	1,082	1,063	1,092	0,982	1,378	1,237
<i>BEKK</i>	1,106	1,156	1,105	1,064	1,102	1,079	1,084	1,069	1,081	1,057	1,091	0,858	1,237	1,421
<i>VEC</i>	1,119	1,169	1,147	1,101	1,106	1,090	1,079	1,081	1,086	1,067	1,093	0,993	1,393	1,252

**Nota 1:** (GO) Goiânia/GO, (MT) Cuiabá/MT, (CG) Campo Grande/MS, (DOU) Dourados/MS, (TL) Três Lagoas/MS, (MG) Triângulo/MG, (AR) Araçatuba/SP, (BM) Bauru-Marília/SP, (PP) Presidente Prudente/SP, (SJ) São José do Rio Preto/SP, (PR) Região Noroeste/PR, (RS) Região Oeste/RS, (RO) Região Sudoeste/RO, e (TO) Região Norte/TO. **Nota 2:** (*FH*) *full hedging* ou *cross hedge* completo; (*VM*) modelo de variância mínima de Ederington (1979); (*VEC*) modelo vetorial autorregressivo com a inclusão do mecanismo de correção de erro de Lien e Luo (1994); (*BEKK*) modelo heterocedástico autorregressivo generalizado bivariado diagonal *bekk* de Baba *et al.* (1990) e Engle e Kroner (1995). **Fonte:** Dados da Pesquisa.

As efetividades do *cross hedging* por praça produtora de carne bovina no Brasil e por tempo tem início com a exposição da Tabela 5, em que são apresentados os resultados para um horizonte de planejamento de 12 meses (anual). Nesta, a hipótese nula de que o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável ( $e_{ch} < 0,60$ ), não foi rejeitada para as praças do Norte/TO e Sudoeste/RO, na Região Norte, e Noroeste/PR, Oeste/RS, na Região Sul. Além dessas, as praças de Cuiabá/MT, Dourados/MS e Goiânia/GO, localizadas na Região Centro-Oeste, e de importantes praças produtoras de carne bovina da Região Sudeste, como Araçatuba/SP, Presidente Prudente/SP, São José do Rio Preto/SP, não apresentaram desempenho satisfatório em mitigação do risco de preço da vaca para um período de 12 meses.

Ao observar na Tabela 5, os resultados dos testes empíricos (horizonte de 12 meses) para o *cross hedging* da vaca de Bauru-Marília/SP e do Triângulo Mineiro/MG, na Região Sudeste, e das praças de Campo Grande/MS e Três Lagoas/MS, na Região Centro-Oeste, não se pode rejeitar a hipótese de que o *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa mitiga o risco de preços em um nível aceitável ( $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ ), ou de que este seja efetivo e mitigue significativamente o risco de preços ( $e_{ch} \geq 0,80$ ), respectivamente, hipóteses alternativas  $H_{1A}$  e  $H_{1B}$ .

Os resultados dos testes empíricos apresentados na Tabela 5 permitem ainda destacar a forte evidência de efetividade do *cross hedging* para a vaca do Triângulo Mineiro/MG, cujo resultado superou 70% de mitigação do risco de preços em todos os meses de vencimento testados para um período de 12 meses. Dentre os vencimentos incluídos neste horizonte de

planejamento para o *cross hedging*, os que apresentaram melhores resultados em termos de mitigação de risco foram os contratos com vencimento nos meses de novembro e fevereiro. Respectivamente, para a indústria da carne bovina estes são meses em que se apresentam as escalas finais de abate de vacas provenientes de confinamento do período de seca e escalas iniciais de abate de bovinos de corte no período chuvoso, tal fato, nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil.

**Tabela 5: Efetividade do *cross hedging* para a vaca das principais praças produtoras de carne bovina do Brasil no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa (Período: 12 meses)**

FH														
Período	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
Nov14-Nov15	59,24	48,13	82,51**	78,06	73,66*	71,22*	35,44	64,05*	44,64	45,06	9,80	-	29,06	24,15
Dez14-Dez15	58,56	44,02	72,15*	57,72	67,28*	73,24*	32,82	63,68*	41,81	43,07	6,40	-	21,01	25,00
Jan15-Jan16	69,68*	41,12	65,48*	52,67	68,70*	76,50*	38,09	69,09*	49,40	51,86	10,25	-	15,62	28,79
Fev15-Fev16	78,24*	39,70	56,89	50,22	66,87*	81,92**	52,24	79,92*	62,46*	64,64*	22,50	8,69	9,84	35,60
VM														
Período	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
Nov14-Nov15	58,01	47,94	80,35**	74,03*	67,13*	72,11*	33,68	60,7*	39,23	41,82	5,47	-	31,75	23,56
Dez14-Dez15	58,26	42,51	68,43*	52,57	59,98	74,41*	31,74	60,13*	35,92	40,20	1,47	-	21,96	24,87
Jan15-Jan16	71,44*	37,99	59,01	45,41	61,10*	78,47*	37,37	66,67*	44,22	50,40	4,85	-	13,88	28,75
Fev15-Fev16	80,38**	32,85	43,50	39,36	56,17	84,63**	52,21	78,93*	57,41	63,60*	15,53	8,85	2,28	34,35
BEKK														
Período	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
Nov14-Nov15	58,01	47,94	81,17**	75,76*	67,17*	72,14*	33,49	61,12*	39,27	42,14	5,47	-	31,28	21,43
Dez14-Dez15	58,25	42,50	69,62*	54,69	60,03*	74,45*	31,62	60,58*	35,95	40,48	1,48	-	22,05	23,17
Jan15-Jan16	71,44*	37,98	60,90*	48,34	61,14*	78,56*	37,28	66,99*	44,25	50,56	4,85	-	15,02	26,91
Fev15-Fev16	80,39*	32,83	47,17	43,68	56,24	84,75**	52,18	79,09*	57,44	63,72*	15,54	9,64	5,81	30,80
VEC														
Período	GO <sub>(6)</sub>	MT <sub>(8)</sub>	CG <sub>(8)</sub>	DOU <sub>(6)</sub>	TL <sub>(6)</sub>	MG <sub>(5)</sub>	AR <sub>(8)</sub>	BM <sub>(8)</sub>	PP <sub>(7)</sub>	SJ <sub>(8)</sub>	PR <sub>(8)</sub>	RS <sub>(6)</sub>	RO <sub>(6)</sub>	TO <sub>(8)</sub>
Nov14-Nov15	57,75	47,83	80,11**	74,04*	66,94*	72,22*	33,62	60,56*	38,89	41,59	5,37	-	31,76	23,44
Dez14-Dez15	58,13	42,28	68,09*	52,59	59,77	74,57*	31,70	59,98	35,54	39,99	1,37	-	21,92	24,79
Jan15-Jan16	71,58*	37,61	58,49	45,43	60,87*	78,81*	37,34	66,56*	43,88	50,29	4,73	-	13,73	28,66
Fev15-Fev16	80,58**	32,13	42,51	39,39	55,86	85,11**	52,20	78,88*	57,08	63,51*	15,38	8,76	1,85	34,14

**Nota 1:** (GO) Goiânia/GO, (MT) Cuiabá/MT, (CG) Campo Grande/MS, (DOU) Dourados/MS, (TL) Três Lagoas/MS, (MG) Triângulo/MG, (AR) Araçatuba/SP, (BM) Bauru-Marília/SP, (PP) Presidente Prudente/SP, (SJ) São José do Rio Preto/SP, (PR) Região Noroeste/PR, (RS) Região Oeste/RS, (RO) Região Sudoeste/RO, e (TO) Região Norte/TO. **Nota 2:** (FH) *full hedging* ou *cross hedge* completo; (VM) modelo de variância mínima de Ederington (1979); (VEC) modelo vetorial autorregressivo com a inclusão do mecanismo de correção de erro de Lien e Luo (1994); (BEKK) modelo heterocedástico autorregressivo generalizado bivariado diagonal bekk de Baba et al. (1990) e Engle e Kroner (1995). **Nota 3:** (Valor sem asterisco \* ou com sinal -)  $e_{ch} < 0,60$ , ou seja, o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável; (\*)  $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ , ou seja, o *cross hedging* no mercado futuro mitiga o risco em um nível aceitável; e (\*\*)  $e_{ch} \geq 0,80$ , ou seja, o *cross hedging* no mercado futuro é efetivo e mitiga significativamente o risco de preços. **Fonte:** Dados da Pesquisa.

Na Tabela 6, são apresentados os resultados dos testes empíricos para efetividade do *cross hedging* da vaca nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil para um horizonte de planejamento de 9 meses. A hipótese nula de que o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável ( $e_{ch} < 0,60$ ), não foi rejeitada para as praças do Norte/TO e Sudoeste/RO, na Região Norte, e Noroeste/PR, Oeste/RS, na Região Sul. Além dessas, as praças de Cuiabá/MT e Goiânia/GO, na Região Centro-Oeste, e de Presidente Prudente/SP, São José do Rio Preto/SP, na Região Sudeste, não apresentaram desempenho satisfatório em mitigação do risco de preço da vaca para um período de 9 meses.



Os resultados dos testes empíricos (horizonte de 9 meses) da Tabela 6 para o *cross hedging* da vaca das praças de Campo Grande/MS, Dourados/MS e Três Lagoas/MS, na Região Centro-Oeste, e praças de Araçatuba/SP, Bauru-Marília/SP e Triângulo Mineiro/MG, na Região Sudeste, sugerem que não se pode rejeitar a hipótese de que o *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa mitiga o risco de preços em um nível aceitável ( $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ ), ou de que este seja efetivo e mitigue significativamente o risco de preços ( $e_{ch} \geq 0,80$ ), respectivamente, hipóteses alternativas  $H_{IA}$  e  $H_{IB}$ .

**Tabela 6: Efetividade do *cross hedging* para a vaca das principais praças produtoras de carne bovina do Brasil no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa (Período: 9 meses)**

FH														
Período	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
Nov14-Julho15	47,98	62,49*	83,83**	80,56**	77,37*	65,17*	61,48*	65,72*	53,04	51,82	33,87	-	47,76	27,89
Dez14-Ago15	52,02	66,84*	82,11**	78,09*	76,43*	70,25*	65,56*	65,83*	15,06	34,91	-	-	46,41	1,31
Jan15-Set15	67,05*	62,89*	80,68**	75,93*	73,17*	73,07*	64,43*	61,62*	-	-	-	-	43,14	-
Fev15-Out15	76,55*	53,87	83,15**	77,45*	71,04*	80,27**	39,88	58,92	3,08	19,49	-	-	39,64	-
VM														
Período	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
Nov14-Julho15	45,70	65,74*	81,71**	77,33*	72,42*	65,11*	61,35*	62,32*	47,81	47,70	31,46	-	55,93	19,74
Dez14-Ago15	50,03	70,20*	79,02*	73,93*	70,42*	71,60*	65,19*	61,07*	3,33	29,12	-	-	56,93	-
Jan15-Set15	66,41*	66,10*	77,30*	70,63*	66,69*	74,74*	64,09*	56,64	-	16,05	-	-	53,41	-
Fev15-Out15	77,50*	55,41	79,90*	72,34*	63,75*	82,48**	37,57	53,60	-	12,31	-	-	48,33	-
BEKK														
Período	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
Nov14-Julho15	45,69	65,75*	82,52**	78,76*	72,46*	65,09*	61,30*	62,75*	47,84	48,10	31,46	-	53,53	9,49
Dez14-Ago15	50,02	70,20*	80,08**	75,71*	70,46*	71,65*	65,12*	61,66*	3,40	29,68	-	-	53,47	-
Jan15-Set15	66,41*	66,10*	78,43*	72,85*	66,73*	74,81*	64,02*	57,25	-	16,66	-	-	49,98	-
Fev15-Out15	77,50*	55,41	81,00**	74,49*	63,80*	82,57**	37,33	54,25	-	12,99	-	-	45,51	-
VEC														
Período	GO <sub>(6)</sub>	MT <sub>(8)</sub>	CG <sub>(8)</sub>	DOU <sub>(6)</sub>	TL <sub>(6)</sub>	MG <sub>(5)</sub>	AR <sub>(8)</sub>	BM <sub>(8)</sub>	PP <sub>(7)</sub>	SJ <sub>(8)</sub>	PR <sub>(8)</sub>	RS <sub>(6)</sub>	RO <sub>(6)</sub>	TO <sub>(8)</sub>
Nov14-Julho15	45,30	65,93*	81,47**	77,35*	72,27*	65,01*	61,33*	62,18*	47,47	47,41	31,40	-	56,14	19,03
Dez14-Ago15	49,67	70,39*	78,72*	73,94*	70,24*	71,81*	65,16*	60,87*	2,60	28,72	-	-	57,27	-
Jan15-Set15	66,22*	66,28*	76,98*	70,64*	66,50*	75,01*	64,06*	56,43	-	15,61	-	-	53,75	-
Fev15-Out15	77,52*	55,45	79,58*	72,36*	63,54*	82,86**	37,49	53,38	-	11,82	-	-	48,61	-

**Nota 1:** (GO) Goiânia/GO, (MT) Cuiabá/MT, (CG) Campo Grande/MS, (DOU) Dourados/MS, (TL) Três Lagoas/MS, (MG) Triângulo/MG, (AR) Araçatuba/SP, (BM) Bauru-Marília/SP, (PP) Presidente Prudente/SP, (SJ) São José do Rio Preto/SP, (PR) Região Noroeste/PR, (RS) Região Oeste/RS, (RO) Região Sudoeste/RO, e (TO) Região Norte/TO. **Nota 2:** (FH) *full hedging* ou *cross hedge* completo; (VM) modelo de variância mínima de Ederington (1979); (VEC) modelo vetorial autorregressivo com a inclusão do mecanismo de correção de erro de Lien e Luo (1994); (BEKK) modelo heterocedástico autorregressivo generalizado bivariado diagonal bekk de Baba et al. (1990) e Engle e Kroner (1995). **Nota 3:** (Valor sem asterisco \* ou com sinal -)  $e_{ch} < 0,60$ , ou seja, o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável; (\*)  $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ , ou seja, o *cross hedging* no mercado futuro mitiga o risco em um nível aceitável; e (\*\*)  $e_{ch} \geq 0,80$ , ou seja, o *cross hedging* no mercado futuro é efetivo e mitiga significativamente o risco de preços. **Fonte:** Dados da Pesquisa.

Quanto aos resultados apresentados na Tabela 6, que se referem a operações no mercado futuro com horizonte de 9 meses, destaca-se a forte evidência de efetividade do *cross hedging* para a vaca das praças de Campo Grande/MS, Dourados/MS, Três Lagoas/MS e Triângulo Mineiro/MG; uma vez que o resultado dos testes apontaram para acima de 70% de mitigação do risco de preços para a maioria dos meses de vencimento. Dentre os vencimentos incluídos neste horizonte de planejamento, os melhores resultados para o *cross hedging* em

termos de mitigação de risco foram obtidos a partir dos contratos com vencimento nos meses do terceiro trimestre (julho, agosto e setembro), meses que tradicionalmente constituem-se das primeiras escalas de abate de bovinos de corte provenientes de confinamento, que ocorre no auge do período de seca nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil.

Os resultados dos testes empíricos para efetividade do *cross hedging* da vaca nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil para um horizonte de planejamento de 6 meses (semestral), são apresentados na Tabela 7. A hipótese nula de que o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável ( $e_{ch} < 0,60$ ), não foi rejeitada para as praças do Norte/TO e Sudoeste/RO, na Região Norte, Oeste/RS, na Região Sul, e Goiânia/GO, na Região Centro-Oeste, ou seja, para essas praças não foram obtidos desempenhos satisfatórios em mitigação do risco de preço da vaca para um período de 6 meses.

Ao examinar na Tabela 7, os resultados dos testes empíricos (horizonte de 6 meses) para o *cross hedging* da vaca das praças de Cuiabá/MT, Campo Grande/MS, Dourados/MS e Três Lagoas/MS, na Região Centro-Oeste, e praças de Araçatuba/SP, Bauru-Marília/SP, Presidente Prudente/SP, São José do Rio Preto/SP e Triângulo Mineiro/MG, na Região Sudeste, e do Noroeste/PR, na Região Sul, não se pode rejeitar a hipótese de que o *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa mitiga o risco de preços em um nível aceitável ( $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ ), ou de que este seja efetivo e mitigue significativamente o risco de preços ( $e_{ch} \geq 0,80$ ), respectivamente, hipóteses alternativas  $H_{IA}$  e  $H_{IB}$ .

No que tange ao desempenho para um período de tempo 6 meses, vale ressaltar a forte evidência de efetividade do *cross hedging* para a vaca da praça de Dourados/MS, cuja mitigação do risco de preços foi satisfatória para todos dos meses de vencimento testados. Dentre os meses de vencimento testados, os contratos vencíveis no mês de março foram os que apresentaram pior desempenho em mitigação do risco de preço da vaca para um período de 6 meses. Contudo, as operações de *cross hedging* testadas para os demais vencimentos incluídos no horizonte de planejamento de 6 meses, apontaram que os melhores resultados em termos de mitigação de risco foram obtidos pelos contratos com vencimento nos meses do segundo trimestre (abril, maio e junho), meses que tradicionalmente constituem-se das escalas finais de abate de bovinos de corte do período chuvoso (abril/maio) e iniciais do período de seca (maio/junho) nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil.

**Tabela 7: Efetividade do *cross hedging* para a vaca das principais praças produtoras de carne bovina do Brasil no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa (Período: 6 meses)**

FH														
Período	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
Out14-Mar15	-	33,80	60,65*	64,98*	46,12	38,33	40,94	32,50	45,25	42,15	58,66	7,25	17,8	-
Nov14-Abr15	30,6	62,90*	84,60*	80,44**	74,03*	74,86*	69,60*	70,65*	81,90**	73,84*	83,20**	10,1	55,17	45,80
Dez14-Mai15	32,8	70,23*	86,37**	80,15**	80,78**	70,23*	69,60*	72,44*	79,04*	71,73*	81,09**	-	63,01*	61,88*
Jan14-Jun15	62,91*	66,10*	84,22**	73,30*	75,55*	65,29*	61,69*	62,66*	70,34*	71,28*	66,29*	-	57,16	49,92
VM														
Período	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
Out14-Mar15	-	34,04	58,07	64,33*	40,37	35,73	41,22	29,07	39,40	40,44	56,08	7,21	13,6	-
Nov14-Abr15	25,3	63,29*	81,98**	76,71*	67,28*	73,01*	70,50*	67,85*	79,86*	72,27*	82,96**	10,3	57,1	42,2
Dez14-Mai15	27,3	70,85*	84,10**	75,83*	75,64*	66,97*	69,93*	68,23*	76,69*	69,54*	82,40**	-	67,35*	65,77*
Jan14-Jun15	61,90*	64,17*	82,70**	66,82*	70,46*	62,88*	61,74*	57,43	67,34*	69,50*	66,44*	-	53,6	48,6
BEKK														
Período	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
Out14-Mar15	-	34,04	58,93	64,72*	40,40	35,58	41,22	29,49	39,44	40,61	56,08	6,88	15,87	-
Nov14-Abr15	25,27	63,29*	82,92**	78,33*	67,32*	72,89*	70,55*	68,21*	79,87*	72,44*	82,96**	10,9	57,60	35,59
Dez14-Mai15	27,26	70,85*	84,96**	77,68*	75,68*	66,77*	69,93*	68,76*	76,70*	69,77*	82,40**	-	66,98*	65,95*
Jan14-Jun15	61,90*	64,16*	83,36**	69,49*	70,49*	62,73*	61,71*	58,07	67,36*	69,69*	66,44*	-	56,52	44,16
VEC														
Período	GO <sub>(6)</sub>	MT <sub>(8)</sub>	CG <sub>(8)</sub>	DOU <sub>(6)</sub>	TL <sub>(6)</sub>	MG <sub>(5)</sub>	AR <sub>(8)</sub>	BM <sub>(8)</sub>	PP <sub>(7)</sub>	SJ <sub>(8)</sub>	PR <sub>(8)</sub>	RS <sub>(6)</sub>	RO <sub>(6)</sub>	TO <sub>(8)</sub>
Out14-Mar15	-	34,00	57,83	64,33*	40,20	35,11	41,22	28,93	39,03	40,31	56,01	7,23	13,4	-
Nov14-Abr15	24,48	63,21*	81,71**	76,73*	67,07*	72,51*	70,51*	67,72*	79,70*	72,15*	82,94**	10,2	56,99	41,79
Dez14-Mai15	26,44	70,77*	83,85**	75,85*	75,48*	66,17*	69,93*	68,05*	76,52*	69,38*	82,42**	-	67,30*	65,88*
Jan14-Jun15	61,67*	63,86*	82,51**	66,84*	70,30*	62,27*	61,73*	57,21	67,13*	69,37*	66,43*	-	53,16	48,38

**Nota 1:** (GO) Goiânia/GO, (MT) Cuiabá/MT, (CG) Campo Grande/MS, (DOU) Dourados/MS, (TL) Três Lagoas/MS, (MG) Triângulo/MG, (AR) Araçatuba/SP, (BM) Bauru-Marília/SP, (PP) Presidente Prudente/SP, (SJ) São José do Rio Preto/SP, (PR) Região Noroeste/PR, (RS) Região Oeste/RS, (RO) Região Sudoeste/RO, e (TO) Região Norte/TO. **Nota 2:** (FH) *full hedging* ou *cross hedge* completo; (VM) modelo de variância mínima de Ederington (1979); (VEC) modelo vetorial autorregressivo com a inclusão do mecanismo de correção de erro de Lien e Luo (1994); (BEKK) modelo heterocástico autorregressivo generalizado bivariado diagonal bekk de Baba et al. (1990) e Engle e Kroner (1995). **Nota 3:** (Valor sem asterisco \* ou com sinal -)  $e_{ch} < 0,60$ , ou seja, o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável; (\*)  $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ , ou seja, o *cross hedging* no mercado futuro mitiga o risco em um nível aceitável; e (\*\*)  $e_{ch} \geq 0,80$ , ou seja, o *cross hedging* no mercado futuro é efetivo e mitiga significativamente o risco de preços. **Fonte:** Dados da Pesquisa.

Na Tabela 8, são apresentados os resultados dos testes empíricos para efetividade do *cross hedging* da vaca nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil para um horizonte de planejamento de 3 meses (trimestral). Como se trata de um horizonte de curto prazo para administração do risco de preços, os resultados dos testes foram avaliados para o mês de vencimento do contrato incluído no horizonte trimestral da operação de *cross hedging*.

Quanto aos contratos com vencimento no primeiro trimestre (janeiro, fevereiro e março), ou seja, aqueles cujo *cross hedging* iniciou-se nos meses de outubro, novembro ou dezembro, verificou-se para os vencíveis em janeiro e março, que a hipótese nula de que o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável ( $e_{ch} < 0,60$ ), não deve ser rejeitada para as praças em estudo, com exceção da praça de Dourados/MS; a qual rejeitou a hipótese nula e não rejeitou a hipótese alternativa ( $H_{IA}$ ) de que o *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa mitiga o risco de preços em um nível aceitável ( $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ ).

**Tabela 8: Efetividade do *cross hedging* para a vaca das principais praças produtoras de carne bovina do Brasil no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa (Período: 3 meses)**

FH														
Período	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
Jan15-Mar15	-	4,26	58,28	64,45*	55,89	18,96	39,25	6,77	20,26	21,00	61,09*	-	33,57	-
Fev15-Abr15	87,56**	60,96*	88,41**	68,96*	78,25*	93,82**	75,09*	81,80**	85,52**	74,43*	85,25**	-	85,75**	68,62*
Mar15-Mai15	81,11**	37,64	82,70**	14,76	56,95	76,01*	56,44	66,36*	68,47*	63,54*	61,46*	-	73,17*	46,36
Abr15-Jun15	71,94*	3,92	62,14*	64,80*	61,08*	65,61*	55,42	-	-	62,52*	-	-	50,64	-
Mai15-Jul15	77,42*	64,87*	82,53**	81,54**	82,94**	77,32*	45,37	53,73	-	-	-	-	49,97	-
Jun15-Ago15	57,53	59,08	73,94*	65,31*	50,39	77,94*	34,57	68,69*	-	-	-	-	49,34	-
Julho15-Set15	31,14	22,72	38,58	39,96	38,43	60,16*	-	6,40	-	10,61	-	-	38,60	23,29
Ago15-Out15	78,08*	34,91	81,04**	77,69*	36,56	81,78**	-	33,48	47,73	19,02	-	-	82,11**	71,22*
Set15-Nov15	71,22*	38,11	72,31*	59,51	44,87	81,18**	9,59	56,25	39,35	8,60	-	46,90	63,05*	78,61*
Out15-Dez15	-	15,84	35,10	35,39	42,82	48,13	-	-	-	0,48	-	-	23,19	28,23
Nov15-Jan16	24,57	26,74	34,40	44,73	45,83	57,27	-	33,69	32,71	17,47	-	3,78	41,25	46,46
Dez15-Fev16	62,02*	48,04	82,30**	80,94**	68,93*	81,31**	22,45	85,75**	73,62*	73,60*	49,43	66,52*	67,68*	66,24*
VM														
Período	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
Jan15-Mar15	-	-	57,02	63,85*	53,80	12,83	38,89	-	9,53	17,84	58,08	-	16,19	-
Fev15-Abr15	90,95**	45,45	84,79**	57,17	73,00*	94,50**	75,30*	78,85*	84,27**	73,13*	83,88**	-	66,81*	70,6*
Mar15-Mai15	83,90**	30,98	75,63*	-	43,12	74,95*	56,38	62,01*	67,33*	62,18*	61,40*	-	61,56*	48,50
Abr15-Jun15	72,15*	-	50,96	60,05*	56,46	67,33*	57,60	-	-	61,46*	-	-	60,72*	-
Mai15-Jul15	79,64*	70,10*	80,32**	79,44*	80,78*	79,66*	43,38	46,98	-	-	-	-	63,19*	-
Jun15-Ago15	56,59	64,31*	72,25*	60,77*	39,36	80,30**	30,36	66,90*	-	-	-	-	62,13*	-
Julho15-Set15	30,06	22,45	33,92	35,87	33,31	62,30*	-	1,45	-	8,71	-	-	46,36	23,46
Ago15-Out15	78,10*	18,30	79,13*	72,80*	17,61	84,11**	-	25,18	34,28	13,73	-	-	81,19**	75,80*
Set15-Nov15	72,19*	26,71	69,81*	53,53	33,34	82,08**	8,36	55,62	26,38	4,06	-	46,60	39,23	74,74*
Out15-Dez15	-	10,79	37,25	37,53	43,44	46,74	-	-	-	-	-	-	26,38	30,30
Nov15-Jan16	22,62	20,77	34,20	46,76	44,80	59,26	-	30,69	26,93	16,26	-	3,78	47,85	50,91
Dez15-Fev16	53,03	18,42	75,45*	80,52**	60,34*	83,91**	16,93	83,98**	65,06*	69,51*	32,38	66,66*	50,74	54,51
BEKK														
Período	GO	MT	CG	DOU	TL	MG	AR	BM	PP	SJ	PR	RS	RO	TO
Jan15-Mar15	-	-	57,53	64,22*	53,82	12,49	38,83	-	9,59	18,14	58,08	-	24,57	-
Fev15-Abr15	90,95**	45,41	86,01**	61,89*	73,04*	94,51**	75,28*	79,24*	84,28**	73,27*	83,88**	-	77,13*	68,36*
Mar15-Mai15	83,90**	30,96	77,73*	-	43,21	74,87*	56,34	62,55*	67,34*	62,33*	61,40*	-	68,38*	47,83
Abr15-Jun15	72,15*	-	54,07	62,03*	56,49	67,40*	57,78	-	-	61,58*	-	-	57,56	-
Mai15-Jul15	79,65*	70,11*	81,15**	80,43**	80,80**	79,77*	43,16	47,79	-	-	-	-	58,64	-
Jun15-Ago15	56,58	64,32*	72,92*	62,67*	39,43	80,40**	29,93	67,14*	-	-	-	-	57,75	-
Julho15-Set15	30,06	22,45	35,25	37,55	33,34	62,40*	-	2,02	-	8,90	-	-	43,92	22,18
Ago15-Out15	78,10*	18,26	79,87*	74,86*	17,72	84,21**	-	26,16	34,36	14,23	-	-	83,57**	76,10*
Set15-Nov15	72,19*	26,68	70,68*	55,98	33,40	82,11**	8,24	55,72	26,46	4,49	-	44,03	51,12	65,78*
Out15-Dez15	-	10,78	36,79	36,78	43,44	46,65	-	-	-	-	-	-	25,55	30,68
Nov15-Jan16	22,61	20,75	34,36	46,07	44,81	59,35	-	31,05	26,97	16,38	-	3,70	45,97	52,63
Dez15-Fev16	53,01	18,34	77,49*	80,86**	60,39*	84,02**	16,39	84,23**	65,11*	69,92*	32,39	66,30*	59,74	38,15
VEC														
Período	GO <sub>(6)</sub>	MT <sub>(8)</sub>	CG <sub>(8)</sub>	DOU <sub>(6)</sub>	TL <sub>(6)</sub>	MG <sub>(5)</sub>	AR <sub>(8)</sub>	BM <sub>(8)</sub>	PP <sub>(7)</sub>	SJ <sub>(8)</sub>	PR <sub>(8)</sub>	RS <sub>(6)</sub>	RO <sub>(6)</sub>	TO <sub>(8)</sub>
Jan15-Mar15	-	-	56,87	63,86*	53,73	11,47	38,87	-	8,87	17,62	58,01	-	15,16	-
Fev15-Abr15	91,30**	43,86	84,45**	57,21	72,84*	94,53**	75,29*	78,72*	84,17**	73,02*	83,84**	-	65,47*	70,54*
Mar15-Mai15	84,18**	30,28	75,05*	-	42,73	74,62*	56,37	61,82*	67,24*	62,07*	61,39*	-	60,65*	48,52
Abr15-Jun15	72,08*	-	50,12	60,07*	56,32	67,62*	57,66	-	-	61,37*	-	-	61,02*	-
Mai15-Jul15	79,85*	70,47*	80,08**	79,45*	80,70**	80,08**	43,30	46,70	-	-	-	-	63,65*	-
Jun15-Ago15	56,37	64,70*	72,05*	60,79*	39,05	80,71**	30,21	66,81*	-	-	-	-	62,57*	-
Julho15-Set15	29,86	22,38	33,55	35,89	33,16	62,69*	-	1,25	-	8,58	-	-	46,59	23,40
Ago15-Out15	77,99*	16,66	78,90*	72,81*	17,08	84,51**	-	24,85	33,44	13,37	-	-	80,79**	75,93*
Set15-Nov15	72,22*	25,56	69,56*	53,55	33,01	82,18**	8,32	55,58	25,57	3,75	-	46,78	37,74	74,20*
Out15-Dez15	-	10,28	37,36	37,52	43,44	46,38	-	-	-	-	-	-	26,45	30,37
Nov15-Jan16	22,30	20,15	34,15	46,76	44,76	59,62	-	30,56	26,57	16,17	-	3,78	48,01	51,11
Dez15-Fev16	51,65	15,52	74,88*	80,53**	60,09*	84,37**	16,74	83,90**	64,51*	69,22*	32,01	66,59*	49,58	53,42

**Nota 1:** (GO) Goiânia/GO, (MT) Cuiabá/MT, (CG) Campo Grande/MS, (DOU) Dourados/MS, (TL) Três Lagoas/MS, (MG) Triângulo/MG, (AR) Araçatuba/SP, (BM) Bauru-Marília/SP, (PP) Presidente Prudente/SP, (SJ) São José do Rio Preto/SP, (PR) Região Noroeste/PR, (RS) Região Oeste/RS, (RO) Região Sudoeste/RO, e (TO) Região Norte/TO. **Nota 2:** (FH) *full hedging* ou *cross hedge* completo; (VM) modelo de variância mínima de Ederington (1979); (VEC) modelo vetorial autorregressivo com a inclusão do mecanismo de correção de erro de Lien e Luo (1994); (BEKK) modelo heterocedástico autorregressivo generalizado bivariado diagonal bekk de Baba et al. (1990) e Engle e Kroner (1995). **Nota 3:** (Valor sem asterisco \* ou com sinal -)  $e_{ch} < 0,60$ , ou seja, o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável; (\*)  $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ , ou seja, o *cross hedging* no mercado futuro mitiga o risco em um nível aceitável; e (\*\*)  $e_{ch} \geq 0,80$ , ou seja, o *cross hedging* no mercado futuro é efetivo e mitiga significativamente o risco de preços. **Fonte:** Dados da Pesquisa.

Ao examinar os contratos com vencimento no mês de fevereiro na Tabela 8, os resultados dos testes empíricos (horizonte de 3 meses) para o *cross hedging* da vaca das praças de Campo Grande/MS, Dourados/MS e Três Lagoas/MS, na Região Centro-Oeste,

praças de Bauru-Marília/SP, Presidente Prudente/SP, São José do Rio Preto/SP e Triângulo Mineiro/MG, na Região Sudeste, e do Oeste/RS, na Região Sul, sugerem que não se pode rejeitar a hipótese de que o *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa mitiga o risco de preços em um nível aceitável ( $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ ), ou de que este seja efetivo e mitigue significativamente o risco de preços ( $e_{ch} \geq 0,80$ ), respectivamente, hipóteses alternativas  $H_{IA}$  e  $H_{IB}$ . O mês de fevereiro é aquele em que se apresentam as primeiras escalas robustas de abate de bovinos de corte oriundos do período de engorda iniciado nos primeiros meses do período chuvoso (outubro/novembro) nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil.

Na Tabela 8, pode-se verificar, também, o desempenho dos contratos com vencimento no segundo trimestre (abril, maio e junho), ou seja, aqueles cujo *cross hedging* da vaca no mercado futuro do boi gordo na BM&FBovespa se iniciou nos meses de janeiro, fevereiro ou março, do mesmo ano. Para os contratos vencem em abril e maio, os testes para o *cross hedging* da vaca das praças de Campo Grande/MS, Bauru-Marília/SP, Presidente Prudente/SP, São José do Rio Preto/SP, Triângulo Mineiro/MG e Noroeste/PR, rejeitaram a hipótese nula de que o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável ( $e_{ch} < 0,60$ ), e não rejeitaram a hipótese de que o *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa mitiga o risco de preços em um nível aceitável ( $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ ), ou de que este seja efetivo e mitigue significativamente o risco de preços ( $e_{ch} \geq 0,80$ ), respectivamente, hipóteses alternativas  $H_{IA}$  e  $H_{IB}$ .

Quanto aos contratos com vencimento em junho, os resultados dos testes da Tabela 8 (horizonte de 3 meses) para as operações de *cross hedging* da vaca das praças de Dourado/MS, Goiânia/GO, São José do Rio Preto/SP, Triângulo Mineiro/MG e Sudoeste/RO, apontaram para rejeição da hipótese nula de que o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável ( $e_{ch} < 0,60$ ), e não rejeição da hipótese de que o *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa mitiga o risco de preços em um nível aceitável ( $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ ), ou de que este seja efetivo e mitigue significativamente o risco de preços ( $e_{ch} \geq 0,80$ ), respectivamente, hipóteses alternativas  $H_{IA}$  e  $H_{IB}$ . Para as demais praças não se rejeitou a hipótese nula, ou seja, nessas o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável. Para um horizonte de três meses de *cross hedging* da vaca, apenas para as praças de São José do Rio Preto e do Triângulo Mineiro/MG, não se rejeitou as hipóteses  $H_{IA}$  e  $H_{IB}$  para os contratos vencíveis nos meses de abril, maio e junho (segundo trimestre).



Os contratos com vencimento no terceiro trimestre (julho, agosto e setembro), ou seja, aqueles cujo *cross hedging* se iniciou nos meses de abril, maio ou junho foram analisados quanto a sua efetividade conforme dados da Tabela 8. Os resultados dos testes (horizonte de 3 meses) para contratos vencíveis no mês de setembro sugerem que a hipótese nula de que o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável ( $e_{ch} < 0,60$ ), não deve ser rejeitada para as praças em estudo, com exceção do Triângulo Mineiro; o qual não se rejeitou a hipótese alternativa  $H_{IA}$ , de que o *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa mitiga o risco de preços em um nível aceitável ( $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ ).

Para horizonte de 3 meses de administração do risco do preço da vaca com contratos futuros de boi gordo da BM&FBovespa vencíveis em julho e agosto, rejeitou-se a hipótese nula e não se rejeitou a hipótese de que o *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa mitiga o risco de preços em um nível aceitável ( $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ ), ou de que este seja efetivo e mitigue significativamente o risco de preços ( $e_{ch} \geq 0,80$ ), respectivamente, hipóteses alternativas  $H_{IA}$  e  $H_{IB}$ , para as praças de Cuiabá/MT, Campo Grande/MS, Dourados/MS, Bauru-Marília/SP, Triângulo/MG e Sudoeste/RO. Para as demais praças não foram obtidos desempenhos satisfatórios em mitigação do risco de preço da vaca para um período de 3 meses.

A respeito dos meses julho e agosto, vale destacar que estes se apresentam como os responsáveis pelas primeiras escalas robustas de abate de bovinos de corte oriundos de período de engorda via sistema de confinamento iniciado nos primeiros meses do período seca nas principais regiões produtoras de carne bovina do Brasil. Ao considerar os contratos que vencem em julho, agosto e setembro (terceiro trimestre), ressalta-se que apenas para a vaca da praça do Triângulo Mineiro/MG, rejeitou-se a hipótese nula e não foram rejeitadas as hipóteses  $H_{IA}$  e  $H_{IB}$ , ou seja, para essa praça o *cross hedging* no mercado futuro é efetivo e/ou mitiga o risco do preço da vaca em um nível considerado satisfatório.

A partir dos dados da Tabela 8 foram, também, analisados os desempenhos dos contratos com vencimento no quarto trimestre (outubro, novembro e dezembro) no mercado futuro do boi gordo na BM&FBovespa, ou seja, aqueles cujo *cross hedging* da vaca das principais praças produtoras de carne bovina do Brasil se iniciou nos meses de julho, agosto e setembro, do mesmo ano.

Os resultados dos testes (horizonte de 3 meses) para contratos vencíveis no mês de dezembro sugerem que a hipótese nula de que o *cross hedging* no mercado futuro não é



efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável ( $e_{ch} < 0,60$ ), não foi rejeitada para todas as praças em estudo. O mesmo se aplica para os contratos vencíveis no mês de outubro e novembro nas operações de *cross hedging* da vaca das praças de Cuiabá/MT, Três Lagoas/MS, na Região Centro-Oeste, Araçatuba/SP, Bauru-Marília/SP, Presidente Prudente/SP, São José do Rio Preto/SP, na Região Sudeste, Noroeste/PR e Oeste/RS, na Região Sul, e Sudoeste/RO, na Região Norte.

No que se refere aos contratos trimestrais vencíveis no mês de outubro e novembro, rejeitou-se a hipótese nula de que o *cross hedging* no mercado futuro não é efetivo e não mitiga o risco em um nível aceitável ( $e_{ch} < 0,60$ ), e não se rejeitou a hipótese de que o *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa mitiga o risco de preços em um nível aceitável ( $e_{ch} \geq 0,60$  e  $< 0,80$ ), ou de que este seja efetivo e mitigue significativamente o risco de preços ( $e_{ch} \geq 0,80$ ), respectivamente, hipóteses alternativas  $H_{IA}$  e  $H_{IB}$ , apenas para as operações de administração do risco de preço da vaca das praças de Campo Grande/MS, Dourados/MS, Triângulo Mineiro/MG e Norte/TO. O mesmo aplica-se aos contratos vencíveis exclusivamente no mês de outubro para o *cross hedging* da vaca das praças de Dourados/MS e Sudoeste/RO.

Em Conjunto, os resultados dos testes empíricos para um horizonte de curto prazo (trimestral) apresentados na tabela 8, que se referem à efetividade do *cross hedging* da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil, evidenciaram que a administração do risco de preços da vaca pela negociação de contratos futuros de boi gordo da BM&FBovespa apresentam melhor desempenho para as praças do(e): (1º) Triângulo Mineiro/MG, (2º) Campo Grande/MS, (3º) Dourados/MS, (4º) Goiânia/GO e (5º) Sudoeste/RO, localidades em que o mercado futuro de boi gordo da BM&FBovespa mostrou-se capaz de mitigar o risco de preço da vaca em níveis satisfatórios em 136 dos 240 vencimentos avaliados, o que contabiliza aproximadamente 60% dos casos.

#### **4.3. Similaridades e diferenças com resultados de outros estudos científicos**

Os resultados para efetividade do *cross hedging* da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil para os horizontes de planejamento de 3 e 6 meses (trimestral e semestral) apresentados nas Tabelas 7 e 8 são em sua maioria superiores àqueles encontrados no estudo de Park e Jei (2010); cujo os testes fora da amostra pelo uso do *full*

*hedging* no mercado futuro do milho e da soja na *Chicago Board of Trade* (CBOT) indicaram que a efetividade em mitigação do risco para as respectivas *commodities* foi de, 64% e 69%.

Os desempenhos em mitigação do risco obtidos pela aplicação das razões ótimas de *cross hedge* do modelo de variância mínima apresentado nas Tabelas 7 e 8, também, são superiores aos estimados por Brinker *et al.* (2009) para o *cross hedging* com contratos futuros de milho da CBOT voltados a proteção contra o risco de preços dos grãos de milho secos procedentes de destilarias de etanol de diferentes praças produtoras dos Estados Unidos da América (EUA), mais precisamente, Atlanta/GA, Boston/MA, Buffalo/NY e Chicago/IL.

Em especial, a pesquisa de Brinker *et al.* (2009) assinala a importância da similaridade entre as especificações do contrato e as características do ativo a ser protegido; uma vez que a mitigação do risco pelo uso do contrato futuro do milho, que é a principal matéria-prima destinada à produção de etanol nos EUA foi em torno de 50% superior ao atingido pelo uso do contrato futuro da soja na CBOT.

Sob o mesmo ponto de vista da investigação de Brinker *et al.* (2009), Houston e Ames (1986) constataram que a carência de contratos futuros não impedia que a administração do risco de preços fosse realizada por meio do *cross hedging* com contratos futuros de diferentes *commodities* agrícolas. Os resultados dos testes de Houston e Ames (1986) indicaram que a razão ótima com contratos futuros de farelo de soja, estimada pelo modelo de variância mínima, permitiu uma mitigação do risco de preços do glúten de milho próxima a 92% no mercado a vista, estimativa superior à efetividade do *cross hedging* da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil com contratos futuros do boi gordo da BM&FBovespa conforme pode ser observado nas Tabelas 5, 6, 7 e 8.

Em geral, os resultados apresentados nas Tabelas 5, 6, 7 e 8, para efetividade do *cross hedging* pelo uso do razão ótima de *cross hedge* estimada pelo modelo de variância mínima, também é superior à computada por Bera, Garcia e Roh (1997), que estimaram uma cobertura do risco de preços igual a 77% para o milho e 70% para a soja, do Estado de Illinois - EUA, com a razão de *hedge* de variância mínima com contratos futuros dessas *commodities* na CBOT.

Ao considerar os resultados dos testes empíricos das Tabelas 5, 6, 7 e 8, notou-se também que estes apresentam pequena diferença em desempenho na mitigação do risco de preços com os resultados obtidos por outras investigações que também utilizaram a razão ótima estimada pelo modelo vetorial autorregressivo com correção de erro (VEC); entre as quais, destacam-se a pesquisa de Kumar, Singh e Pandey (2008), com contratos futuros de

soja e ouro no mercado futuro indiano; e de Casillo (2004), com futuros de índices de ações do mercado de derivativos italiano.

Sugere-se que a diferença dos resultados do presente estudo com os de Casillo (2004) e Kumar, Singh e Pandey (2008) deve-se, principalmente, ao fato de que estas investigações caracterizam-se pela similaridade do contrato futuro com o ativo protegido no mercado a vista; o que as caracteriza como operações de *hedging* padrão.

Boutouria e Abid (2010), a partir do uso da razão ótima de *hedge* computada pelo modelo BEKK, com contratos futuros de cobre da *London Metal Exchange* (LME), estimaram por testes fora da amostra, aproximadamente, 83% de cobertura do risco. Sugere-se que o desempenho do *cross hedging* da vaca com contratos futuros de boi gordo da BM&FBovespa na proteção contra o risco de preços de importantes praças produtoras de carne bovina do Brasil, incluindo horizontes de curto e longo prazo, e diferentes meses de vencimento dos contratos futuros, corrobora uma importante característica da pesquisa de Boutouria e Abid (2010), que refere-se a similaridade entre os mercados envolvidos nos testes, o que em teoria torna a possível a significativa capacidade de mitigação do risco.

## 5. Considerações Finais

A administração do risco de preços na cadeia produtiva da carne bovina é um constante desafio para seus agentes econômicos, independentemente do elo de atuação. Destarte, os contratos futuros se destacam como potenciais mitigadores do risco da volatilidade de preços no mercado a vista. Assim sendo, este trabalho objetivou verificar a possibilidade de se mitigar o risco da volatilidade de preços no mercado a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil por meio do *cross hedging* no mercado futuro do boi gordo na BM&FBovespa.

Ao buscar atender o objetivo principal, foi verificada a hipótese de que a mitigação do risco de preços é efetiva quando utilizada a combinação simultânea entre o mercado a vista da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil e o mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa. Nesse sentido, as aplicações das razões de *cross hedge* estimadas pelos modelos baseados em estratégias dinâmicas (heterocedásticos) e estáticas (*full hedging*, variância mínima e de correção de erro) forneceram suporte à realização do teste de hipótese de mitigação do risco.

A respeito da efetividade das operações de *cross hedging*, os resultados evidenciaram não haver diferença significativa de desempenho em mitigação de risco pela aplicação das razões ótimas de *cross hedge*, estimadas a partir da aplicação dos modelos de variância mínima; de correção de erro e heterocedástico. Essa diferença, também, não foi evidenciada quando comparada a efetividade atingida pelo uso da estratégia de cobertura completa, *full hedging*.

Quanto ao vencimento, tanto no curto como no longo prazo, os contratos futuros do boi gordo BM&FBovespa que apresentam maior mitigação do risco de preços da vaca nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil são por ordem de capacidade de cobertura os liquidados nos meses de abril, maio, fevereiro, agosto, outubro e novembro, respectivamente. O vencimento que apresentou pior desempenho em mitigação do risco nos testes realizados refere-se ao contrato do mês de março, que comumente é o mês em que ocorre maior abate de fêmeas de bovinos nas principais praças produtoras de carne bovina do Brasil, principalmente vacas oriundas do descarte dos plantéis de cria.

Para o horizonte de longo prazo (9 a 12 meses), os resultados evidenciaram que a administração do risco de preços da vaca pela negociação de contratos futuros de boi gordo da BM&FBovespa apresentam melhor desempenho para as praças do(e) Triângulo Mineiro/MG, Campo Grande/MS, Dourados/MS, Três Lagoas/MS e Bauru-Marília/SP.

No curto prazo (horizonte de 6 meses ou semestral) chegou-se a conclusão que as praças com melhor desempenho em mitigação do risco do preço da vaca via *cross hedging* no mercado futuro de boi gordo da BM&FBovespa são as de Campo Grande/MS e Dourados/MS, na Região Centro-Oeste; de Araçatuba/SP, (BM) Bauru-Marília/SP, (PP) Presidente Prudente/SP, (SJ) São José do Rio Preto/SP e do Triângulo Mineiro/MG, na Região Sudeste; e a do Noroeste/PR, na Região Sul.

Os resultados dos testes empíricos permitiram concluir ainda que para um horizonte de curto prazo (3 meses ou trimestral) são fortes as evidências de efetividade em mitigação do risco de preços da vaca pela negociação de contratos futuros de boi gordo da BM&FBovespa, com destaque para o desempenho do *cross hedging* para as praças do Triângulo Mineiro/MG, Campo Grande/MS, Dourados/MS, Goiânia/GO e Sudoeste/RO.

Ainda sobre o horizonte de curto prazo (3 meses ou trimestral), ressalta-se que os contratos vencíveis nos meses de janeiro, setembro e dezembro, apresentaram baixíssimo desempenho em mitigação do risco de preços da vaca nas praças em estudo. Em termos gerais, setembro é um mês em que se têm baixas escalas de abate de bovinos de corte;

enquanto que, dezembro e janeiro, caracterizam-se como meses de volátil-recuperação das escalas de abate, diferente do período que vai de fevereiro a maio, em que a oferta de bovinos de corte é mais robusta e, portanto, atende de maneira mais equilibrada a demanda das escalas de abate.

Os testes empíricos realizados sugerem ainda que a semelhança entre as características do boi gordo especificadas no contrato futuro da BM&FBovespa e da vaca nas principais praças produtoras do Brasil contribuíram para indiferença quanto a escolha do modelo de estimação da razão ótima de *cross hedge*, isto é, considerando o desempenho atingido em mitigação do risco de preços no mercado a vista.

Dessa forma, ao verificar a utilidade em mitigação do risco da combinação entre um derivativo no mercado futuro com características similares às daquelas do ativo no mercado a vista, incluindo perspectivas que vão além do tradicional custo de carregamento, sazonalidade, estrutura de mercado, especificações da *commodity* e padrão do contrato futuro, este estudo contribui para a pesquisa sobre administração do risco em mercados futuros.

Nesse contexto, mesmo que as *commodities* envolvidas na operação de proteção contra o risco apresentem diferentes especificações, tais como, tamanho, objeto de negociação, cotação, vencimento, praça de definição do preço, entre outras, é possível reduzir os riscos dos preços a vista por meio do *cross hedging* no mercado futuro. Essa colocação é corroborada pelos resultados dos testes de hipóteses, que em aproximadamente 60% dos casos sugeriu que o mercado futuro do boi gordo na BM&FBovespa é efetivo na mitigação do risco de preços do mercado a vista da vaca na principais praças produtoras de carne bovina do Brasil, e portanto, permite uma trava adequada de cotação-preço.

Além dessa verificação, a maturidade do mercado futuro do boi gordo brasileiro, somada à perspectiva de crescimento da participação de agentes da cadeia produtiva da carne bovina, 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, mas, também, de outros mercados; o que já acontece em volume significativo com outras *commodities*, em outros mercados derivativos, como, por exemplo, a soja e seus derivados na *Chicago Board of Trade*. Assim sendo, espera-se, também, que os resultados dessa pesquisa possam contribuir de alguma forma para o aumento da liquidez do contrato futuro do boi gordo brasileiro da BM&FBovespa.

## 6. Referências

ALEXANDER, C.; 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 N° 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, dec. 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.

BERA, A. K.; P. GARCIA.; ROH, J-S. Estimation of time-varying hedge ratios for corn and soybeans: bgarch and random coefficient approaches. *The Indian Journal of Statistics*, v. 59, n. 3, p. 346-368, dez. 1997.

BOLLERSLEV, T. Modelling the coherence in short-run nominal exchange rates: a multivariate generalized ARCH model. *Review of Economics and Statistics*, v. 72, n. 3, p. 498-505, aug. 1990.

BOTELHO FILHO, F. B.; SOUZA JÚNIOR, G. M. O risco de base para a soja em Sinop e Lucas, Mato Grosso. *Revista de Política Agrícola*, n. 4, p. 85-97, out./dez. 2006.

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. *Journal of Futures Markets*, v. 17, n. 4, p. 475-482, jun. 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, jan. 2007.

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

CASILLO, A. *Model specification for the estimation of the optimal hedge ratio with stock index futures: an application to the Italian derivatives market*. (October 04, 2004). Pro. Derivatives and Financial Stability. Disponível em: <[http://jamesgoulding.com/Research\\_II/Hedging%20Concepts/Hedging%20\(Equity%20Index%20%201\).pdf](http://jamesgoulding.com/Research_II/Hedging%20Concepts/Hedging%20(Equity%20Index%20%201).pdf)> Acesso em: 15 jun. 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, n. 4, p. 371-385, 2004.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS (CVM). *Deliberação CVM 604*. Disponível em: <<http://www.cvm.gov.br/legislacao/deli/deli604.html>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

DURBIN, J.; WATSON, G. S. Testing for serial correlation in least-squares regression II. *Biometrika*, v. 38, n. 1/2, p. 159-177, jun. 1951.

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

ENGLE, R. F.; KRONER, K. F. Multivariate Simultaneous Generalized arch. *Econometric Theory*, v. 11, n. 1, p. 122-150, mar. 1995.

FILENI, D. H.; MARQUES, P. V.; MACHADO, H. M. O risco de base e a efetividade do hedge para o agronegócio do café em Minas Gerais. *Organizações Rurais e Agroindustriais*, v. 1, n.1, p. 42-50, jan./jun. 1999.

FONTES, R. E.; CASTRO JÚNIOR, L. G.; AZEVEDO, A. F. Estratégia de comercialização em mercados derivativos: descobrimento de base e risco de base da cafeicultura em diversas localidades de Minas Gerais e São Paulo. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, n. 2, p. 382-389, mar/abr. 2005.

GAGNON, L.; LYPNY, G. J.; MCCURDY, T. H. Hedging foreign currency portfolios. *Journal of Empirical Finance*, v. 5, n. 3, p. 197-220, sep. 1998.

GLEN, J.; JORION, P. Currency hedging for international portfolios. *The Journal of Finance*, v. 48, n. 5, p. 1865-1886, dec. 1993.

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

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. *Econometria básica*. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 920 p.

HAYENGA, M. L.; JIANG, B.; LENCE, S. H. Improving wholesale beef and pork product cross hedging. *Agribusiness*, v. 12, n. 6, p. 541-559, nov./dec. 1996.

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. *Journal of Futures Markets*, v. 28, n. 11, p. 1095-1116, nov. 2008.

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Estatística da Produção Pecuária*. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Pecuaria/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/abate-leite-couro-ovos\\_201603caderno.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201603caderno.pdf)> Acesso em: 10 jan. 2017.

JARQUE, C. M.; BERA, A. K. A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review*, v. 55, n. 2, p. 163-172, aug. 1987.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegrating vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v. 12, n. 2/3, p. 231-254, jun./sep. 1988.

JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration – with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, v. 52, n. 2, p. 169-210, may. 1990.

KUMAR, B.; SINGH, P.; PANDEY, A. *Hedging effectiveness of Constant and time varying hedge ratio in indian stock and commodity futures markets*. (August 06, 2008) Disponível em SSRN: <<http://ssrn.com/abstract=1206555>> Acesso em: 10 out. 2012.

LIEN, D.; LUO, X. Estimating multiperiod hedge ratios in cointegrated markets. *Journal of Futures Markets*, v. 13, n. 8, p. 909-920, dec. 1993.

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*, 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.

OLIVEIRA NETO, O. J. Evidências de efetividade do cross hedging para os novilhos argentinos e uruguaios no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa. In: RISK

MANAGEMENT AND COMMODITY TRADING CONFERENCE, 4., 2014, São Paulo.  
*Anais...* São Paulo: BM&FBovespa, 2014, p. 1-48.

OLIVEIRA NETO, O. J.; GARCIA, F. G. La Efectividad de cross hedging para el novillo uruguayo en el mercado de futuros del buey gordo brasileño: hipótesis de la expectativa y especulación sobre la base. *Agroalimentaria (Caracas)*, v. 20, p. 87-105, 2014.

OLIVEIRA NETO, O. J.; GARCIA, F. G. Cross hedging do novilho argentino no mercado futuro do boi gordo brasileiro. *Custos e @gronegocio on line*. v. 9, n. 2, p. 117-151, Abr./Jun. 2013.

OLIVEIRA NETO, O. J.; ALENCAR, L. P. M.; FIGUEIREDO, R. S. Gestão do risco de preços do boi gordo paraguaio no mercado futuro do boi gordo da BM&FBovespa. In: RISK MANAGEMENT AND COMMODITY TRADING CONFERENCE, 5., 2015, São Paulo.  
*Anais...* São Paulo: BM&FBovespa, 2015, p. 1-23.

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, n. 2, p. 335-346, 1988.

PRONUNCIAMENTO TÉCNICO CPC 38. *Instrumentos financeiros: reconhecimento e mensuração*. Disponível em:<<http://www.cpc.org.br/CPC>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

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.

WANG, G. H. K.; YAU, J. A time series approach to testing for market linkage: unit root and cointegration tests. *Journal of Futures Markets*, v. 14, n. 4, p. 457-474, June. 1994.

YANG, W.; ALLEN, D. E. Multivariate GARCH hedge ratios and hedging effectiveness in Australian futures markets. *Accounting and Finance*, v. 45, n. 2, p. 301-321, 2004.

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, n. 2, p. 135-148, apr. 2010.