

EFETIVIDADE DE HEDGING DO BOI GORDO DO TRIÂNGULO MINEIRO NO MERCADO FUTURO DA BM&FBOVESPA

RESUMO O estudo analisou as operações de *hedge* do boi gordo do Triângulo Mineiro no mercado futuro da BM&FBOVESPA. Buscou atingir o objetivo proposto, através das séries temporais de preços da arroba do boi gordo à região e no mercado futuro junto ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). A série diária de preços foi de janeiro de 2000 a maio de 2011. Foram estimados e analisados o valor da base, o risco de base, a razão ótima e a efetividade de *hedge*. Conclui-se que as operações de *hedge* diminuíram em aproximadamente 73% do risco da volatilidade de preços no mercado a vista da arroba do boi gordo no Triângulo Mineiro. Os resultados obtidos pela aplicação do Modelo de Myers e Thompson (1989) são considerados significativos em termos de capacidade de mitigação do risco nas operações de *hedge*.

Palavras-chave: *Hedge*, boi gordo, mercado futuro, Triângulo Mineiro.

ABSTRACT The present study aims to analyse hedge operations of the beef cattle in the Triangulo Mineiro in futures market of the BM&FBOVESPA. It sought to achieve the proposed aims throughout time series of the at sign prices of beef cattle for the region of Triangulo Mineiro and the series of the at sign prices of beef cattle on the future market of BM&FBOVESPA in the Centre of Advanced Studies in Applied Economies. The daily series of the prices goes from January of 2000 to May of 2011. The base value was estimated and analysed the base value, so was the base risk, the optimal reason and the *hedge* effectiveness. So, it can be concluded that operations of *hedge* decreases approximately 73% of volatility risk of the at sign prices in the cash market of beef cattle's on Triangulo Mineiro. The results obtained from the application of the "Model of Myers and Thompson (1989)" are significantly considered in terms of mitigation capacity of the risk in *hedge* operations.

Keywords: Hedge, beef cattle, future market, Triangulo Mineiro.

Recebido em 18/agosto/2012

Aprovado em 12/dezembro/2012

Sistema de Avaliação: Double Blind Review

Editor Científico: Dorival Geraldine Gomes

Revista de Administração da UEG - ISSN – 2236 1197

Marcelo Galdino Costa Júnior, Pesquisador do Grupo de Pesquisa: Inteligência em Finanças & Mercados (UFU/CNPQ), MBA em Finanças pela Universidade Federal de Uberlândia, e-mail: marcelodefesacap@yahoo.com.br;

Odilon José de Oliveira Neto, professor Assistente do curso de Administração, doutorando pelo Programa de Pós Graduação em Administração da Fundação de Getúlio Vargas, e-mail: professorodilon@yahoo.com.br;

Reginaldo Santana Figueiredo, Professor do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Agronegócio (UFG), doutor em Economia em Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e-mail: emaildesantana@gmail.com;

Waltuir Batista Machado, professor da UNIFAN, Pesquisador do Grupo de Pesquisa: Inteligência em Finanças & Mercados (UFU/CNPQ), mestre em Agronegócio pelo Programa de Pós-Grduação em Agronegócio da Universidade Federal de Goiás (UFG), e-mail: waltuirmachado@hotmail.com.

1 INTRODUÇÃO

Devido às constantes oscilações de preços tornou-se cada vez mais difícil buscar alternativas à minimização do risco na bovinocultura de corte. Entretanto, a administração eficiente da relação retorno e risco pode ser potencializada pelo conhecimento da base, ou seja, a diferença entre os preços do mercado futuro e mercado a vista de determinada *commodity* e sua respectiva volatilidade. Com isso, se espera proteger das oscilações dos preços nos respectivos mercados.

A partir do conhecimento da base e de seu desvio-padrão, os agentes da cadeia produtiva da carne bovina poderão sequenciar o gerenciamento das incertezas quanto aos preços da arroba do boi gordo, o que será possível por meio da negociação de contratos futuros em contraposição ao mercado a vista, operação denominada: *hedge*.

Destas considerações perguntou-se: as operações de *hedge* do boi gordo na BM&FBOVESPA são eficientes na mitigação do risco dos preços do mercado a vista, no Triângulo Mineiro?

Complementarmente procurou-se saber qual a posição ótima em contratos futuros da BM&FBOVESPA para o gerenciamento do risco de preços, no mercado a vista da arroba do boi gordo, no Triângulo Mineiro?

Assim, este estudo teve por objetivo analisar as operações de *hedge* do boi gordo do Triângulo Mineiro no mercado futuro da BM&FBOVESPA.

Esta pesquisa perpassou pelas etapas: levantamento da série de preços da arroba do boi gordo, no mercado a vista, na região do Triângulo Mineiro e no mercado futuro na BM&FBOVESPA; mensuração da base e do risco da base e estimação da razão de *hedge* ótima no mercado futuro.

O tema foi definido devido à importância das informações para produtores, indústrias e empresas de transformação, comunidade acadêmica e demais agentes da cadeia produtiva da carne bovina. Somado a isso, ressalta-se o reduzido número de estudos centrados na questão.

Inicialmente, são apresentadas características da bovinocultura de corte, no Brasil, e outros países. Também são destacados diversos estados brasileiros com ênfase em Minas Gerais, mais especificamente a região do Triângulo Mineiro, denotando a importância da bovinocultura de corte.

2 RELEVÂNCIA DA CARNE BOVINA AO BRASIL E MINAS GERAIS

2.1 A importância da pecuária brasileira na economia

O produto interno bruto do agronegócio brasileiro, em 2009, foi de aproximadamente R\$ 735.276 milhões, com a bovinocultura sendo responsável por algo

em torno de R\$ 221.865 milhões, o que mostrou participação superior a 30% (CEPEA, 2011).

O Brasil ocupa lugar de destaque no mercado de carnes mundial, em especial na bovina, atualmente possui o maior rebanho comercial do mundo, sendo um dos maiores produtores e exportadores de carne bovina (USDA, 2011).

Vários fatores contribuíram para o avanço da bovinocultura de corte no Brasil, dentre eles: clima, áreas com alto potencial de produção, tecnologia e empreendedorismo, o que permitiu ampliar a oferta de carne diante das oportunidades no mercado externo, que exige produtos de qualidade, por consumidores cada vez mais conscientes (OLIVEIRA NETO e FIGUEREDO 2008).

O rebanho brasileiro apresentou contínuo crescimento de 2006 a 2010, tabela 1, acumulando mais de 7,5%. Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA), em 2010, o Brasil possuía o segundo maior rebanho bovino do mundo com 185,1 milhões de cabeças, contabilizando média de 177,2 milhões no período de 2006 a 2010, o que representou mais de 17% do rebanho mundial, ficando atrás da Índia com média de 301,3 milhões, próximo de 30%. Entretanto, a pecuária na Índia não se destina à produção de carne bovina para consumo, apesar de grande potencial para tal (USDA, 2011).

Tabela 1: Países com os maiores rebanhos bovinos do mundo, em milhões de cabeças 2006 a 2010.

País	2006	2007	2008	2009	2010	Média
Índia ⁽¹⁾	290,0	296,5	303,0	303,5	316,4	301,3
Brasil	172,1	173,8	175,4	179,5	185,1	177,2
China	109,9	104,7	105,9	105,7	105,4	106,3
União Européia	89,7	88,5	89,0	88,8	88,3	88,9
Argentina	54,3	55,7	55,7	54,2	49,0	53,8
Colômbia	28,5	29,3	30,1	30,7	31,1	29,9
Austrália	27,8	28,4	28,0	27,3	27,9	27,9
México	23,7	23,3	22,8	22,6	22,1	22,9
Rússia	19,9	19,0	18,3	17,9	20,6	19,1
Venezuela	14,2	13,8	13,5	13,2	13,1	13,6
Estados Unidos	96,3	96,5	96,0	94,5	93,8	95,4
Outros	89,7	88,6	82,5	71,8	53,3	77,2
Total	1.016,0	1.018,1	1.020,5	1.010,0	1.006,5	1.014,2

⁽¹⁾ Rebanho não comercial

Fonte: USDA (2011)

Deblitz (2005) discutiu outra característica importante da bovinocultura brasileira que se refere ao custo de produção, mostrou que estava entre os menores do mundo, o que elevava seu potencial competitivo.

A importância do Brasil no mercado internacional de carne bovina pode ser visualizada na tabela 2, que apresenta os países maiores produtores de carne bovina do mundo entre os anos de 2006 a 2010.

Tabela 2: Países com maior produção mundial de carne bovina (milhões de toneladas equivalentes carcaça) 2006 a 2010.

País	2006	2007	2008	2009	2010	Média
Estados Unidos	11.980	12.096	12.163	12.105	12.048	12.078
Brasil	9.025	9.303	9.024	8.935	9.115	9.080
China	5.767	6.134	6.100	6.000	5.500	5.900
União Européia	8.150	8.188	8.100	8.200	8.000	8.128
Argentina	3.100	3.300	3.150	3.010	2.500	3.012
Índia ⁽¹⁾	2.375	2.413	2.470	2.475	2.960	2.539
México	2.175	2.207	2.225	2.230	1.775	2.122
Paquistão	1.300	1.344	1.388	1.457	1.450	1.388
Austrália	2.183	2.172	2.159	2.100	2.140	2.151
Rússia	1.430	1.370	1.315	1.275	1.400	1.358
Canadá	1.391	1.279	1.285	1.340	1.275	1.314
Outros	9.526	9.347	9.426	8.828	9.047	9.235
Total	57.731	58.558	58.522	57.431	57.358	57.920

⁽¹⁾ Rebanho não-comercial

Fonte: USDA (2011)

Observa-se que o Brasil foi o segundo maior produtor de carne bovina no mundo, com 9.115 milhões toneladas equivalente carcaça em 2010, quase 16,0% do total, estando atrás dos Estados Unidos da América (EUA), o maior produtor, que alcançou 12.048 correspondente a 21,0% (USDA, 2011)

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), divulgou que o rebanho de gado bovino comercial, juntamente, com o não comercial, no Brasil, cresceu 1,3% em 2009, chegando a 205,292 milhões de cabeças (IBGE, 2009).

Em relação à demanda da carne bovina por habitante/ano, o Brasil ocupou o quarto lugar com consumo de 37,5 kg/hab/ano, em 2010, tabela 3. Argentina e Uruguai foram os maiores consumidores do planeta, com 55,7 e 55,5 kg/hab/ano, respectivamente. (USDA, 2011). O terceiro maior consumidor foi os EUA com 38,5 kg/hab/ano, o Paraguai ocupou o 5º lugar com 36,4 kg/hab/ano.

Tabela 3: Evolução do consumo de carne bovina dos principais países no mundo (kg/habitante/ano. 2006 a 2010)

País	2006	2007	2008	2009	2010	Média
Argentina	64,4	69,2	67,5	66,5	55,7	64,7
Uruguai	53,4	51,7	50,6	58,4	55,5	53,9
EUA	43,0	42,6	41,0	39,8	38,5	41,0
Brasil	36,4	36,8	36,9	37,1	37,5	36,9
Paraguai	24,7	26,2	31,9	35,3	36,4	30,9
Austrália	36,5	34,7	35,0	35,0	35,3	35,3
Hong Kong	14,8	15,0	18,9	24,0	30,3	20,6
Canadá	31,3	32,4	31,2	30,4	29,5	31,0
Nova Zelândia	31,3	29,8	29,5	28,5	28,0	29,4

Fonte: USDA (2011)

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC), a receita cambial com vendas externas de carne bovina brasileira apresentou, no ano de 2010, crescimento de 16% em relação ao ano de 2009, sendo que a receita com comercialização desta *commodity* foi de US\$ 4.795 bilhões. Entretanto, em volume, houve redução acima de 3 %, passando de 1.924 milhões de toneladas equivalente carcaça, em 2009, para 1.864 milhões em 2010 (ABIEC, 2011).

As atividades comerciais da bovinocultura de corte brasileira enfrentam dificuldades em relação ao livre comércio. Sabe-se que as barreiras não tarifárias são restrições à entrada de mercadorias importadas que possuam como fundamentos: requisitos técnicos, sanitários, ambientais, laborais, quantitativas, bem como políticas de valoração aduaneira, de preços mínimos e de bandas de preço, na tentativa de proteger o mercado interno da concorrência de produtos estrangeiros (ICONE, 2011).

Diante disto, um dos maiores desafios dos produtores brasileiros é a eliminação de práticas discriminatórias à carne bovina brasileira, buscando assim aumentar sua participação no mercado mundial. Para que as barreiras sejam minimizadas, os produtores devem aumentar a competitividade do produto melhorando a qualidade, principalmente, com a inserção de novas tecnologias, implantação da rastreabilidade e erradicação da febre aftosa nos rebanhos (ICONE, 2011).

2.2 Relevância da bovinocultura no Estado de Minas Gerais

O Estado de Minas Gerais tem área de cerca de 25 milhões de hectares de pastagens, o que representa próximo de 43% do seu território total. Neste espaço destaca-se a criação de bovinos que contribuiu para que o Estado apresentasse o terceiro maior efetivo de cabeças, e fosse relevante na produção e exportação de animais vivos para cria, recria e engorda, em outras unidades federativas (IBGE, 2006).

O Estado possuía aproximadamente 19 milhões de cabeças de bovinos e 823 mil toneladas de carne produzida, em 2006, o que correspondia a 11,0 % da produção brasileira, o que o colocava também na terceira posição em volume de carne bovina no País. Tabela 4.

Tabela 4: Efetivo de bovinos em cabeças e produção de carne em toneladas nos principais Estados do Brasil no ano de 2006

Estado	Efetivo (1000 cabeças)	% Efetivo	Produção (1000 toneladas)	% Produção
Mato Grosso	22227	13,48	809	10,84
Mato Grosso do Sul	19421	11,77	864	11,58
Minas Gerais	19040	11,54	823	11,03
Goiás	15914	9,65	690	9,25
Rio Grande do Sul	11453	6,94	525	7,00
São Paulo	11014	6,68	911	12,21
Brasil	164944	100%	7463	100%

Fonte: Anualpec (2006)

Os números de exportação também reafirmam a relevância do Estado de Minas Gerais no mercado de carne, representando aproximadamente 11% do total da carne bovina exportada (ANULAPEC, 2006).

Em 2006, o censo do IBGE registrou a distribuição do rebanho no Brasil, onde se destaca os Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Pará, como os maiores rebanhos de bovinos. A tabela 5 apresenta o rebanho efetivo de bovinos dos principais estados produtores do Brasil no ano de 2006.

Tabela 5: Rebanho efetivo e participação do efetivo total nos principais estados do Brasil em 2006

Unidade da Federação	Efetivo Bovino em (cabeças)	Participação do Efetivo Total (%)	
		Relativa	Acumulada
Mato Grosso	25.683.031	12,9	12,9
Minas Gerais	22.575.194	11,3	24,2
Mato Grosso do Sul	21.832.001	10,9	35,1
Goiás	20.471.490	10,2	45,3
Pará	15.353.989	7,7	53

Fonte: IBGE (2006)

Quanto ao efetivo de bovinos, o Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) apresenta números um pouco diferentes aos do IBGE para o estado de Minas Gerais. Segundo o IMA, Minas Gerais atingiu um rebanho de aproximadamente 22,4 milhões de cabeças, 2006, com as regiões do Triângulo Mineiro e do Alto do Paranaíba sendo responsáveis pela maior concentração de bovinos com cerca de 33,4 % do total de rebanho, conforme exposto na Figura 1 (IMA, 2010). A diferença entre os números do IBGE e do IMA, para o contingente de bovinos, deve-se principalmente a diferença do período de levantamento.

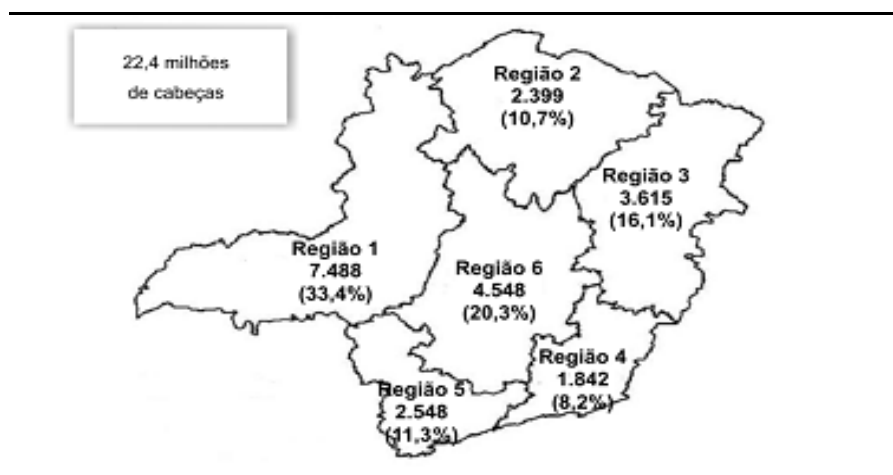


Figura 1: Distribuição do efetivo de bovinos por região no Estado de Minas Gerais (2006).

Fonte: IMA, 2010

Nota: Dados do ano de 2006.

Apesar da importância no País do quantitativo do efetivo bovino e na produção de carne em Minas Gerais e, em especial, do Triângulo Mineiro, produtores e indústrias encontraram cenário de incertezas quanto aos preços da arroba do boi gordo no mercado a vista. Sabe-se que diversos fatores incidem sobre a formação de preços agrícolas, como oferta e demanda local, solo, clima, qualidade, pragas, doenças, logística e exposição ao preço no mercado físico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 *Hedge* em Mercados Futuros

Os mercados futuros têm se expandido de forma rápida e entender o seu funcionamento pode facilitar a administração de riscos e ganhos, já que atuam, além das tradicionais *commodities* agropecuárias, nos mercados de carnes, madeira, petróleo, moedas, instrumentos financeiros, ações, índices de preços, derivativos, a termo e opções, atingindo inclusive políticas ambientais como o mercado de carbono.

Castro Júnior (2001) destaca o mercado futuro como aquele que possibilita a negociação de contratos de compra e venda de produtos específicos entre compradores e vendedores a preços e prazos pré-determinados.

Hardaker *et al.* (2004) contribuíram com a definição de mercados futuros ao salientar que estes propiciam oportunidades para geração de receitas superiores, ou seja, margens que possibilitam a cobertura dos custos de produção, assim como o risco de preço no mercado físico, é caracterizado pela volatilidade relacionada principalmente às condições de oferta e demanda de ativos.

Os mesmos autores colocam ainda que os mercados futuros propiciam um seguro de preço para o comprador ou vendedor de determinado produto, com o intuito de elevar as margens de comercialização, buscando, assim, formas de negociação que diminuam as perdas decorrentes de constantes mudanças. Pode-se dizer ainda que a formação do preço futuro resulta do valor no mercado a vista do mesmo. No Brasil, o local de comercialização de contratos futuros de *commodities* agropecuárias concentra-se na Bolsa de Valores, Mercadorias & Futuros (BM&FBOVESPA).

A BM&FBOVESPA é uma companhia de capital brasileiro formada, em 2008, a partir da fusão das operações da Bolsa de Valores de São Paulo e da Bolsa de Mercadorias & Futuros. Pode-se afirmar que a BM&FBOVESPA é a principal instituição brasileira de intermediação para operações do mercado de capitais, caracterizada por um conjunto de sistemas para negociação de ações, derivativos de ações, títulos de renda fixa, títulos públicos federais, derivativos financeiros, de moedas, de *commodities* agropecuárias, entre outros (BM&FBOVESPA, 2011).

De Zen e Ferreira Filho (2004) confirmam que a utilização de contratos futuros de boi gordo como ferramenta de negociação servem para que os agentes envolvidos na bovinocultura de corte busquem um meio de proteção eficiente para minimizar os custos da atividade, maximizar os lucros, ou mesmo para a preservação de seu patrimônio.

Diante disto, agentes envolvidos na cadeia produtiva, como produtores, criadores, escritório de comercialização, frigoríficos, distribuidores e exportadores, podem obter, através da negociação dos contratos futuros no mercado de derivativos, um instrumento flexível e de simples acesso para negociação, objetivando garantir limites de preços de compra e venda.

Rochelle (1997) afirma que a padronização do contrato permite a negociação do boi gordo através do mercado futuro, adicionando-se a este fator, características baseadas nas especificações de qualidade e cumprimento de todas as exigências para entrega, mesmo que o objetivo deste mercado não seja a entrega física.

A negociação de contratos futuros como instrumento de gestão de preços dá origem ao *hedge*, o qual envolve uma contraposição em relação ao mercado a vista, tendo como meta diminuir o risco financeiro relativo às oscilações constantes de preços de determinada *commodity*. O *hedge* é realizado a partir do momento em que é efetuada a compra ou venda de contratos futuros em substituição provisória à negociação no mercado físico que ocorrerá posteriormente (*FUTURES INDUSTRY INSTITUTE*, 2002). Marques & Melo (1999) corroboram com esta definição ao colocar o *hedge* como uma ferramenta do gerenciamento de risco que busca a proteção contra modificações indesejadas dos preços.

Hull (2003) enfatiza que quando é efetuada a compra de um determinado ativo para data futura, pode-se realizar o *hedge*. Isso se torna possível quando é confirmada uma posição de compra, conhecido como *hedge* de compra, que tem por objetivo minimizar o risco de ampliação dos preços da *commodity* no mercado a vista.

Em contraposição, se o negociador possui o ativo no presente ou terá sua posse no futuro, o seu objetivo ao utilizar a ferramenta de *hedge* é se proteger da queda dos preços do mercado a vista. Portanto, este agente atuará no mercado como vendedor de contratos futuros, realizando um *hedge* de venda.

3.2 Risco de base

A análise do comportamento dos preços é fundamental para o planejamento do setor agropecuário, e isto se torna ainda mais evidente quando a volatilidade destes amplia as condições de risco. Diante disto, Castro Júnior (2004) concorda que a diferença entre os preços no mercado a vista e os do mercado futuro, antecipadamente, decidido para determinada data como sendo o valor da base. Em seguida, enfatiza a necessidade de administração do preço alvo e avaliação do risco que essa operação envolve no resultado final das operações de comercialização.

Assim sendo, caso o preço no mercado a vista e no mercado futuro venham se comportar no mesmo patamar, o resultado final do *hedge* pode ser considerado uma operação perfeita em termos de gestão de risco. Contudo, a Figura 2 (a) demonstra que, se caso o preço do mercado a vista local for inferior ao preço do mercado futuro, isso determina o enfraquecimento da base (HULL, 2005). Por outro lado, como pode ser analisado na Figura 2 (b), se o preço do produto a vista no mercado local sobrepujar o preço do mercado futuro, considerar-se-á o fortalecimento da base.

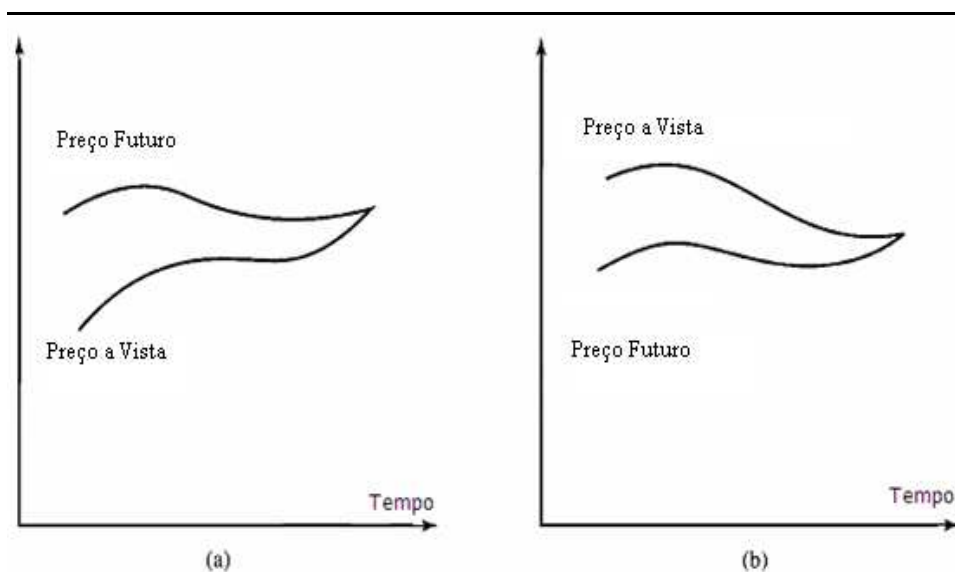


Figura 2: Comparação entre preços futuros e a vista, próximo ao vencimento dos contratos

Fonte: Hull (2005)

A movimentação de preços a vista e futuro geralmente possuem a mesma direção, entretanto, nem sempre são lineares quanto aos valores e à intensidade. Esse fenômeno é conhecido por risco de base, que é definido a partir de variações imprevisíveis relativas à base, já que, mesmo movimentando-se na mesma direção, os preços no mercado a vista e futuro não possuem a mesma sincronia. Sendo assim, o mercado futuro extingue apenas provisoriamente os riscos relativos aos preços, minimizando-os, mas não os elimina totalmente (BM&FBOVESPA 2005).

Castro Júnior (2001) afirma que a alteração de preços durante o período de validade do contrato futuro, conhecido por risco de base, deve-se a diversos fatores, dentre eles destacam-se a qualidade do produto, a localização do mercado e o tempo de vigência do contrato.

Fileni (1999) esclarece que as expectativas em relação ao comportamento do mercado físico e futuro devem ser necessariamente repassados ao valor da base, já que essa representa um valor simultâneo dos preços à vista e futuros. A base representa um parâmetro avaliativo dos fundamentos teóricos de relação entre os preços. Assim sendo,

o modelo do valor da base deve levar em consideração os aspectos relativos às especificações de cada mercado, agindo como referência comparativa entre os mesmos.

Hull (2005) afirma que o risco de base está condicionado ao grau de insegurança do comportamento dos valores da base na data de vencimento dos contratos futuros, e expressa que este é a quantificação do desvio-padrão das bases encontradas.

4 METODOLOGIA

Foram empregados os preços médios no mercado físico do boi gordo, no Estado de Minas Gerais, representados pelos preços de negociação no Triângulo Mineiro e os preços futuros na data do vencimento dos contratos, ambos obtidos junto ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP), entre os meses de janeiro de 2000 a maio de 2011, que tem como base de referência de preço dos contratos futuros do boi gordo negociado na BM&FBOVESPA, assim como para composição do indicador disponível do boi gordo ESALQ/BM&FBOVESPA das principais regiões produtoras do estado de São Paulo, mais precisamente em Presidente Prudente, Araçatuba, Bauru/Marília e São José do Rio Preto/Barretos.

Foi calculada a base média geral e o risco de base dos preços do boi gordo para o Triângulo Mineiro, conforme o vencimento do contrato futuro de boi gordo da BM&FBOVESPA. Os valores da base para o período foram obtidos utilizando-se a equação $b_t = F_t - S_t$, onde b_t é o valor da base, S_t representa o preço a vista da arroba do boi gordo no Triângulo Mineiro e F_t é o preço futuro na data do vencimento dos contratos futuros na BM&FBOVESPA (HULL, 2005).

Após o cálculo da base foi verificado a variação percentual pela equação 1:

$$\Delta b_t = \left(\frac{b_t - b_{t-1}}{b_{t-1}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Onde, Δb_t , é a variação percentual da base, b_t , é o valor da base no tempo t e, b_{t-1} , é o valor da base no tempo $t-1$.

Calculado o valor das bases para os períodos de vencimento dos contratos, conduziu-se a solução da média geral dos vencimentos denominada base média geral, que Fontes *et al.* (2005) apresentam com a operação:

$$b_{MédiaG} = \frac{1}{n} \sum b_{t,T} \quad (2)$$

Segundo a equação acima apresentada, $b_{MédiaG}$ representa o valor da base média para o mês de vencimento T , enquanto b_t , T é igual ao valor da base no período t , para T , e n é igual ao número de bases localizados no T , lembrando que T significa mês de vencimento.

Baseando-se no modelo de Hull (2005), na sequência, calculou-se o risco da base, a partir da quantificação do desvio-padrão das bases encontradas, conforme expressão (3) indicada por Fontes *et al.* (2005):

$$Rb = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum b_{t,T} - b_{MédiaG})^2} \quad (3)$$

Onde, Rb é o risco de base, $b_{MédiaG}$ é a base média geral b_t e, T , conforme determinação anterior, é o valor da base no período t , para o mês de vencimento T , sendo n igual ao número de bases da amostra.

As séries temporais foram analisadas sob o aspecto da estacionariedade, partindo do teste da raiz unitária, usados como mecanismos de verificação do nível de estacionariedade das mesmas *Dickey e Fuller* (1979, 1981). Com isso, salienta-se o uso das equações (4), (5), (6), (7), de *Dickey – Fuller* (DF) e *Dickey Fuller Aumentado* (ADF) para verificação da estacionariedade das séries de preços a vista e futuro da bovinocultura de corte.

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (4)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (5)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (6)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \alpha_i \sum_{i=1}^p \Delta Y_{t-i} + u_t \quad (7)$$

O teste da raiz unitária selecionado para verificar se a série temporal aplicada no estudo é estacionária em nível ou torna-se estacionária nas diferenças, testa a hipótese nula de existência da raiz unitária, ou seja, tais variáveis não são estacionárias a determinado nível de significância de acordo com *Dickey – Fuller* (1981).

Em seguida, ressalta-se a verificação da autocorrelação serial com o intuito de verificar a robustez dos resultados obtidos para análise de regressão pelo Teste de *Durbin-Watson*, que pode ser definido como um dos testes mais importantes para avaliação de existência de correlação serial, como pode ser observado na equação 8.

$$d = \frac{\sum_{t=2}^{t=n} (\hat{u}_t - \hat{u}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^{t=n} \hat{u}_t^2} \quad (8)$$

Ressalta-se que, ao ignorar a autocorrelação residual, permite-se a generalização de resíduos com base em regressões espúrias ou sem sentido (MADALLA, 2008).

Para definir o número de defasagens da variável preço à vista foram usados o Critério de Informação de *Akaike* (AIC) e o Critério *Bayesiano* de *Scwartz* (SBC). Ambos são representados abaixo pelas equações (9) e (10):

$$\ln AIC = \left(\frac{2k}{n} \right) + \ln \left(\frac{SQR}{n} \right) \quad (9)$$

$$\ln SBC = \frac{k}{n} + \ln n + \ln \left(\frac{SQR}{n} \right) \quad (10)$$

Salienta-se que a prioridade será baseada nos modelos que possuem valores mais baixos dos critérios *AIC* e *SBC*.

Na sequência, apresenta-se o processo metodológico para estimação da razão de *hedge* ótima (h^*) e da efetividade de *hedge* (e), destacando-se essas são ferramentas que tem por objetivo contribuir para proteção contra os riscos de volatilidade de preços na comercialização do boi gordo no mercado a vista.

Neste estudo, optou-se pela aplicação de um dos métodos com maior apelo científico nos estudos empíricos sobre *hedge*, trata-se do modelo de Myers e Thompson (1989) que estima a razão de *hedge* ótima, utilizando as séries na primeira diferença, com base na equação:

$$\Delta S_t = \alpha + \delta \Delta F_t + \sum_{i=1}^p \beta \Delta S_{t-i} + \gamma \Delta F_{t-1} + u_t \quad (11)$$

Após o cálculo da razão de *hedge* ótima, h^* , estabelecida pelo resultado da razão entre as variações de ΔS e ΔF será verificada a proporção da variância eliminada por meio da operação de *hedge* a partir do cálculo da efetividade de *hedge*, representada por R^2 que como fora fundamentado teoricamente, por Ederington (1979), é estimado a partir do coeficiente de determinação R^2 e representa a redução do risco de preço com a operação de *hedge*. Deste modo, a efetividade de *hedge* é apresentada conforme a equação apresentada por Hull (2005).

$$e = \rho^2 = h^2 \frac{\sigma_F^2}{\sigma_S^2} \quad (12)$$

No contexto metodológico, ressalta-se que os cálculos, tabelas e figuras foram obtidas a partir da utilização dos *software Eviews 6.0* e *Microsoft Excel 2007*, especialmente utilizados com o objetivo de efetuar os cálculos matemáticos e estatísticos, o que permitiu melhorar a precisão na análise dos dados e resultados da pesquisa. As equações do estudo foram construídas pelo uso do *software Mathtype 5.0*

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O comportamento dos preços da arroba do boi gordo no mercado futuro da BM&FBOVESPA e no mercado a vista no Triângulo Mineiro entre janeiro de 2000 e maio de 2011 é apresentado na figura 3.

Averiguou-se, na figura 3, que os preços a vista apresentam comportamento bastante similar aos preços futuros na data do vencimento dos contratos na BM&FBOVESPA.

A exceção fica por conta de um curto período de tempo no ano de 2005, onde os preços da arroba do boi gordo, no mercado a vista do Triângulo Mineiro, são cotados acima dos preços no mercado futuro, o que conduz ao que denomina-se fortalecimento da base.

Nos demais períodos os preços a vista do boi gordo na BM&FBOVESPA encontraram-se geralmente abaixo dos preços futuros na data do vencimento dos contratos, ou seja, a condição mais comum é de enfraquecimento da base.

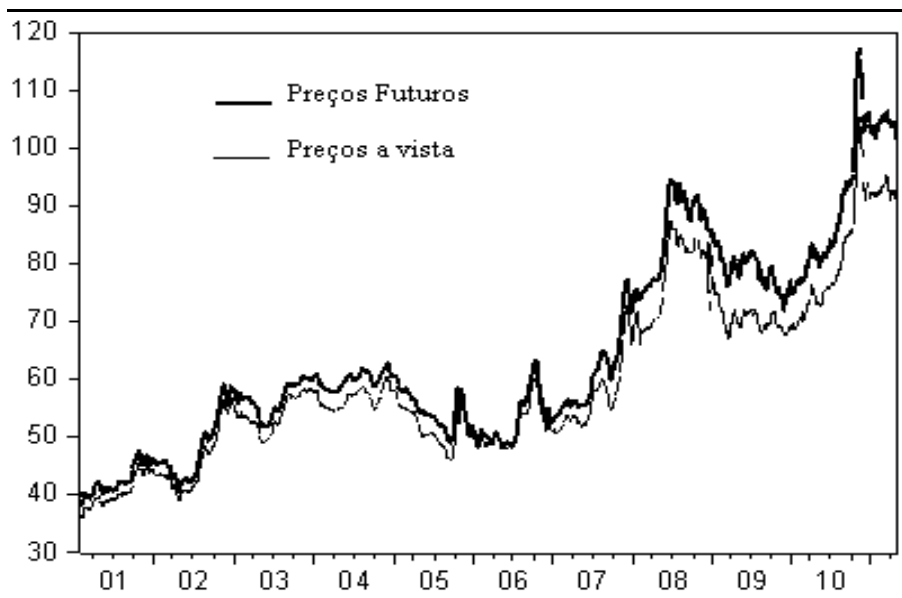


Figura 3: Comportamento dos preços futuros na BM&FBOVESPA e a vista no Triângulo Mineiro entre janeiro de 2000 e maio de 2011

Fonte: Dados da pesquisa

As diferenças percentuais entre os preços no mercado a vista do Triângulo Mineiro e preços futuros na BM&FBOVESPA entre janeiro de 2000 e maio de 2011 são apresentadas na figura 4. Os valores da base percentual são estimados pela aplicação da equação 1 e o risco de base percentual baseia-se na equação 3.

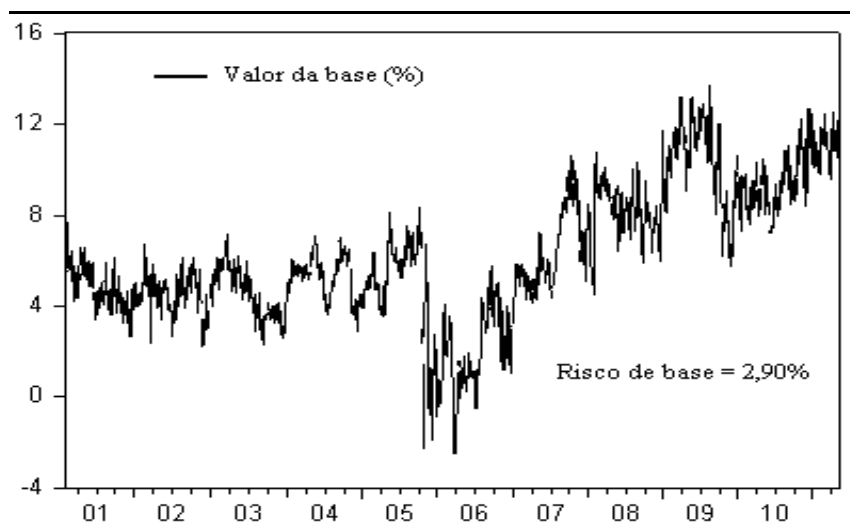


Figura 4: Valor da base e risco de base no Triângulo Mineiro entre janeiro de 2000 e maio de 2011

Fonte: Dados da pesquisa.

Entre os anos de 2000 e 2005 as diferenças entre os preços a vista e futuros variam entre -4% e -8%.

Porém, nos anos de 2005 e 2006 houve uma aproximação muito significativa do preço a vista e futuro devido à queda na oferta do boi gordo no mercado a vista, o que levou a um fortalecimento da base. Neste período, os preços a vista do boi gordo no Triângulo Mineiro chegou a estar em torno de 3% acima dos preços futuros do boi gordo na data do vencimento dos contratos.

Em contrapartida, entre os anos de 2008 e 2011, verificou-se o enfraquecimento da base foi mais contundente, com diferenças entre -8% e -12% entre os preços a vista e futuros. Mesmo com a volatilidade da base no período entre os anos de 2000 e 2011, ficou constatado um baixo risco de base, estimado em aproximadamente 2,90%, o que torna possível um planejamento assertivo das operações de *hedge* no mercado futuro do boi gordo.

5.2 Teste de estacionariedade das séries de preços

Com objetivo de se verificar a estacionariedade das séries temporais foram aplicados os testes de detecção da raiz unitária, que objetiva avaliar a estacionariedade das séries a partir da utilização do teste de Dickey e Fuller aumentado (ADF).

Pode-se observar nas tabelas 6 e 7 que os testes com a série de preços futuros em nível, com constante e com constante e tendência, conseguidas respectivamente conforme aplicação das equações 4, 5 e 6, acusaram a presença de raiz unitária.

Por outro lado, pela aplicação do teste ADF na primeira diferença, pelo uso da equação 7, verificou-se a ausência de raiz unitária.

Tabela 6: Teste de detecção da raiz unitária da série de preços futuros da arroba do boi gordo no Triângulo Mineiro entre janeiro de 2000 e maio de 2011

Testes		ADF em nível	ADF com constante	ADF com constante e com tendência	ADF na 1° diferença
Estatística t		1,2263	-0,6749	-2,2295	-17,1278
Valores críticos do teste	Nível 1%	-2,5658	-3,4327	-3,9616	-2,5658
	Nível 5%	-1,9409	-2,8624	-3,4115	-1,9409
	Nível 10%	-1,6166	-2,5673	-3,1276	-1,6166
AIC		0,5400	0,5403	0,5392	0,5398
SBC		0,5492	0,5519	0,5531	0,5467
DW		2,0006	2,0007	2,0011	2,0008

Fonte: Dados da pesquisa

O valor obtido da estatística (τ) do teste ADF ($\tau = -17,12788$) na primeira diferença é menor que os valores tabelados de τ^* críticos ao nível de 1%, 5%, 10%; com valor da estatística d de *Durbin-Watson* bem próximo de 2. Diante disto, rejeita-se, de forma conclusiva, a hipótese nula, ou seja, a série analisada não possui raiz unitária na primeira diferença; e também não apresenta problema de autocorrelação. Conclui-se

com esta análise que a transformação da série em primeira diferença foi satisfatória para que a mesma se tornasse estacionária.

Na sequência, os mesmos procedimentos aplicados à série de preços futuros para detecção de raiz unitária, foram utilizados na série de preços a vista da arroba do boi gordo, da região do Triângulo Mineiro.

Tabela 7: Teste de detecção da raiz unitária da série de preços a vista da arroba do boi gordo no Triângulo Mineiro entre janeiro de 2000 e maio de 2011

Testes		ADF em nível	ADF com constante	ADF com constante e com tendência	ADF na 1° diferença
Estatística t		0,8647	-1,2254	-2,8072	-13,9718
Valores críticos do teste	-2,5658	-3,4327	-3,9616	-2,5658	-2,5658
	-1,9409	-2,8624	-3,4115	-1,9409	-1,9409
	-1,6166	-2,5673	-3,1276	-1,6166	-1,6166
AIC		0,7302	0,7463	0,7283	0,7297
SBC		0,7441	0,7360	0,7469	0,7412
DW		1,9925	1,9926	1,9929	1,9926

Fonte: Dados da pesquisa

O valor da estatística (τ) ADF atingiu ($\tau = -13,97185$) e como na análise estacionária do preço futuro, os valores tabelados τ^* do preço a vista críticos em níveis (1%), (5%), (10%), com a estatística d de *Durbin-Watson* próxima a 2,0. Verifica-se que a série de preços a vista não possui raiz unitária na 1° diferença e nenhum problema de autocorrelação. Pode-se concluir que a transformação da série em primeira diferença foi satisfatória para que a mesma se tornasse estacionária.

5.3 Razão ótima e efetividade de *hedge*

Prosseguiu-se com a mensuração da razão ótima e efetividade de *hedge*. Sendo assim, foi aplicado o modelo de Myers e Thompson com base na equação 11 para estimação da razão ótima de *hedge* e a equação 12 para estimação da efetividade da operação.

Os resultados empíricos podem ser visualizados na tabela 8, que traz os parâmetros das teses para longos períodos de *hedging*.

Tabela 8: Razão ótima e efetividade de *hedge* da arroba do boi gordo para o Triângulo Mineiro, considerando longos períodos de planejamento de *hedging*.

Série Temporal	p	h^*	AIC	SBC	e
10 anos	3	0,6754	-10,1994	-10,1899	0,6402
8 anos	2	0,6547	-10,1462	-10,1349	0,6247
6 anos	2	0,6452	-9,9624	-9,9480	0,6249
4 anos	2	0,6960	-9,9238	-9,9038	0,6368
2 anos	2	0,5296	-10,0472	-10,0131	0,6564

Fonte: Dados da Pesquisa

Nota: o valor da estatística d de *Durbin-Watson* ficou próximo a 2 para todas as regressões

Levando-se em consideração que os modelos mais robustos apresentam os critérios de AIC e CIS com valores baixos, é interessante observar que todos os modelos proporcionam resultados significativos, ressaltando que as regressões para 10 anos e 2 anos apresentaram efetividade de *hedge* de 0,6402 e 0,6564. Ou seja, os modelos para 10 anos e 2 anos demonstram capacidade de minimização do risco de 64,02% e 65,64% no mercado a vista por meio das operações de *hedge* na BM&FBOVESPA. Evidencia-se ainda que as análises apresentaram baixas alterações da razão ótima de *hedge* em longos períodos de planejamento.

O horizonte de *hedging* de 2 anos foi o que apresentou a menor razão de *hedge* ótima ($h^* = 0,52,96$) e maior efetividade ($e = 0,6564$), com resultados de AIC e SBC bastante significativos.

Após a aplicação do modelo de Myers e Thompson (1989), em horizontes de longo prazo, foram feitas análises da razão ótima e efetividade de *hedge* da arroba do boi gordo, para o Triângulo Mineiro, considerando curtos períodos de planejamento de *hedging*. Os resultados das regressões são apresentados na tabela 9, onde se averiguou os principais parâmetros estatísticos para decisão em operações de *hedge*.

Tabela 9 – Razão ótima e efetividade de *hedge* da arroba do boi gordo para o Triângulo Mineiro, considerando curtos períodos de planejamento de *hedging*

Série Temporal	P	h^*	AIC	SBC	e
18 meses	2	0,5261	-10,0437	-10,0092	0,6556
12 meses	2	0,6912	-9,9285	-9,8715	0,7262
9 meses	2	0,6932	-9,9185	-9,8610	0,7258
6 meses	2	0,6927	-9,9155	-9,8578	0,7261

Fonte: Dados da Pesquisa

Nota: o valor da estatística d de Durbin-Watson ficou próxima a 2 para todas as regressões

Os resultados apresentados na tabela 9 determinaram que todos os modelos apresentaram resultados significativos, sendo que as regressões obtidas a partir do horizonte entre 6 meses e 12 meses alcançaram maior efetividade de *hedge*.

Em seguida, podem ser destacadas as baixas alterações da razão de *hedge* ótima nos períodos curtos, mais precisamente nos horizontes entre 6 meses e 12 meses. O mesmo fenômeno pode ser observado em relação à efetividade de *hedge* que também sofre baixas alterações em curtos períodos de planejamento.

Deve ser salientado ainda que o modelo baseado no horizonte de 6 meses apresentou maior efetividade de *hedge* ($e = 0,7261$) com resultados dos critérios de AIC = -9,9155 e SBC = -98578, bastante significativos. Isto sugere que quanto menor o horizonte de planejamento, maior será a efetividade da operação de *hedge*.

6 CONCLUSÕES

A volatilidade dos preços da arroba do boi gordo no mercado futuro da BM&FBOVESPA e no mercado a vista na região do Triângulo Mineiro, não só refletiu nos momentos de equilíbrio mercadológico, como também as variações decorrentes de crises econômicas, sanitárias e comerciais que impactaram diretamente no mercado da carne bovina.

Entre os anos de 2000 e 2005 a base variou entre -4% e -8%. Já entre os anos de 2005 e 2006 houve uma aproximação muito significativa do preço a vista e futuro devido à queda na oferta do boi gordo no mercado a vista, o que levou a um fortalecimento da base. Em contrapartida, entre os anos de 2008 e 2011, verificou-se o enfraquecimento da base, com diferenças significativas entre os preços a vista e futuros, variando entre -8% e -12%. O risco de base foi de 2,90% entre 2000 e 2011, o que pode ser considerado baixo para o mercado do boi gordo.

Apesar do apelo pela aplicação de diversos métodos de estimação da razão de *hedge* ótima, não se pode definir que existe um método que seja superior para o gerenciamento do risco de preços pelas operações de *hedge*. Porém, verificou-se a robustez e eficiência do modelo de Myers e Thompson (1989) aplicado neste estudo.

As razões ótimas e efetividades de *hedge* foram calculadas permitindo analisar a semelhança entre as mesmas para diferentes horizontes de planejamento. Verificou-se que não há grandes distorções entre a razão ótima e a efetividade de *hedge* entre horizontes longos e curtos de *hedging*. Entretanto, verificou-se que a efetividade de *hedge* é maior para horizontes mais curtos de planejamento.

Concluiu-se, também que a efetividade das operações de *hedge* da arroba do boi gordo, para o Triângulo Mineiro, reduz-se em, aproximadamente, 73% para o horizonte de 6 meses. Este resultado demonstra a relevância da utilização das operações de *hedge*.

Por fim, evidencia-se a importância das operações de *hedge* no mercado futuro da BM&FBOVESPA para os agentes da cadeia produtiva da carne bovina no Triângulo Mineiro, tendo em vista a capacidade de mitigação de risco da volatilidade de preços no mercado a vista, possível por meio desta operação.

7 REFERÊNCIAS

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

ANUALPEC 2006: **Anuário da Pecuária Brasileira.** Instituto FNP Consultoria & Comércio, São Paulo 2006.

ASSOCIAÇÃO DE INDÚSTRIAS BRASILEIRAS DE EXPORTAÇÃO DE CARNE – ABIEC. **Estatísticas.** Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/news>>

_view.asp?id=%7B73C537AB-CDE4-41E4-A8A6-3441C20837C6%7D>. Acesso em: 14 de maio de 2011.

BOLSA DE MERCADORIAS E FUTUROS. **Conheça a BM&F**. São Paulo: BM&F, 2005.

BOLSA DE VALORES, MERCADORIAS E FUTUROS – BM&FBOVESPA. **A BM&FBOVESPA**. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/home.aspx?idioma=pt-br>> Acesso em: 28 de setembro de 2011.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/default.shtm>> Acesso em: 24 de maio de 2011.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. IBGE, 2009.

CASTRO JÚNIOR, L. G. **Comercialização de produtos agrícolas no complexo agroindustrial**. 1. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

CASTRO JÚNIOR, Luiz Gonzaga de. **Mercado futuro e análise de mercado**. 1. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Boi gordo**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/boi/>> Acesso em: 05 de maio de 2011.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **PIB do agronegócio**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/> Acesso em: 05 de maio de 2011.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS – USDA. **Estatísticas**. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2010/livestock_poultryfull101510.pdf> Acesso em: em 14 de maio de 2011

DEBLITZ, C. **International Farm Comparison Network**. In: 15th International Farm Management Congress. Campinas, 2005.

DE ZEN, S.; FERREIRA FILHO, J. B. **Mercado do boi gordo**. Curso mercado do boi gordo. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2004.

EDERINGTON, L. H. The hedging performance of the new futures markets. **Journal of Finance**. v.34, n.1, p.157–170, 1979.

FILENI, D. H. **O risco de base, a efetividade do hedging e um modelo para estimativa de base: uma contribuição ao agronegócio do café em Minas Gerais**. Lavras, 1999. 137 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

INSTITUTO DE ESTUDOS DO COMÉRCIO E NEGOCIAÇÕES INTERNACIONAIS – ICONE. **Estatísticas**. Disponível em <<http://www.iconebrasil.org.br/pt/?actA=16&areaID=14&secaoID=29&letraVC=B>> Acesso em: 15 de maio de 2011.

MARQUES.; P. V.; MACHADO, H. M. O risco de base, a efetividade do *hedging* para o agronegócio do café em Minas Gerais. **Organizações Rurais e Agroindustriais: Revista de Administração da UFLA**. Lavras, 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**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 382-389, mar/abr. 2005.

FUTURES INDUSTRY INSTITUTE. **Curso de futuros e opções**. 1. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2002.

GUJARATI, Damodar N. **Econometria Básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HARDAKER, J. B.; HUIRNE, R.B.M.; ANDERSON, J. R.; LIEN, G. **Coping with risk in agriculture**. 2. ed. Cambridge: CABI Publishing, 2004.

HULL. J. C. **Fundamentos dos mercados futuros e de opções**. 4. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2005.

HULL. J. C. **Opções, futuros e outros derivativos**. 3. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2003.

MARQUES, P. V.; MELLO, P. C. **Mercados futuros de *commodities* agropecuárias: exemplos e aplicações para os mercados brasileiros**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 1999.

MARQUES.; P. V.; MACHADO, H. M. O risco de base, a efetividade do *hedging* para o agronegócio do café em Minas Gerais. **Organizações Rurais e Agroindustriais: Revista de Administração da UFLA**. Lavras, v. 1, n. 1, p. 42-50, jan/jun. 1999.

MYERS, R. J.; THOMPSON, S. R. Generalized optimal hedge ratio estimation. **American Journal of Agricultural Economics**. vol. 71, n.4, p. 858–868, 1989.

OLIVEIRA NETO, O. J.; FIGUEIREDO, R. S. . Comportamento da base e análise do risco de base na comercialização do boi gordo no Estado de Goiás, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical (UFG)**, v. 39, p. 207-217, 2009.

ROCHELLE, T. C. P. **O contrato futuro de boi gordo: uma análise do impacto da introdução da liquidação financeira sobre o risco de base**. Piracicaba, 1997. 140 p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

VOGELVANG, B. **Econometrics**: theory and applications with eviews. London: Prentice Hall, 2005.