AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

RAZÃO DE HEDGE ÓTIMA DE MÍNIMO MPI (MOMENTO PARCIAL INFERIOR) NO MERCADO FUTURO DE BOI GORDO NA BM&F

PEDRO VALENTIM MARQUES; JOÃO GOMES MARTINES-FILHO; JOSÉ CÉSAR CRUZ-JÚNIOR;

ESALQ-USP

PIRACICABA - SP - BRASIL

cesarcruzjr@hotmail.com

APRESENTAÇÃO ORAL

Comercialização, Mercados e Preços

Razão de hedge ótima de mínimo MPI (momento parcial inferior) no mercado futuro de boi gordo na BM&F

Grupo de Pesquisa: Comercialização, Mercados e Preços

Resumo

Uma vez que o pecuarista decide-se por utilizar o mercado futuro de boi gordo da BM&F como ferramenta de redução de risco de sua produção, uma das primeiras perguntas a serem respondidas é: quanto se fazer de hedge? Esta pergunta tem sido frequentemente respondida através da utilização do modelo de razão de hedge de mínima variância. O presente trabalho teve como objetivo apresentar um modelo alternativo à abordagem tradicional - denominado razão de hedge de mínimo momento parcial inferior (MPI) - para se calcular a razão de hedge ótima. O modelo alternativo utiliza o momento parcial inferior como medida de risco. Ambas as razões de hedge foram calculadas e suas performances foram verificadas através da avaliação dos resultados obtidos com suas aplicações em carteiras de investimentos compostas pelas posições comprada no mercado físico e vendida no mercado futuro, na razão ótima de hedge. O modelo alternativo proposto é aquele que determina a razão de hedge ótima através da minimização do momento parcial inferior de ordem 2, com referência no retorno alvo igual a zero. A utilização deste modelo parece ser mais adequada ao perfil do investidor por possibilitar a representação do risco apenas utilizando-se o lado inferior da distribuição dos retornos. O trabalho analisou 14 localidades no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2007. As análises realizadas apontam para maior efetividade do modelo alternativo em relação ao modelo tradicional. O modelo de razão de hedge de mínimo MPI

produziu melhores combinações de risco e retorno (medidas pela razão de retorno sobre a medida de risco) na maioria das localidades analisadas.

Palavras-chaves: mercados futuros, razão de hedge ótima, momentos parciais inferiores, boi gordo

Abstract

Once the farmer has decided about using live cattle futures markets at BM&F as a risk management tool, he must answer the question: how much to hedge in the futures markets? This question has been often answered by using the minimum-variance hedge ratio model. This paper aimed to present an alternative model – known as lower partial moment (LPM) hedge ratio - to calculate the optimal hedge ratio. This alternative model uses the lower partial moment as the measure of risk. Both, the standard and the alternative hedge ratios, were calculated and their performance were evaluated by verifying the risk and the return of the portfolios built with a long position in the spot market and a short position in the futures markets using both optimal hedge ratios. The proposed alternative model is that which minimizes the lower partial moment of order 2, with return target equal to zero. This model seems to be more appropriated to farmers' preferences because it enables to represent the downside risk framework. Fourteen locations were analyzed in the period from January 2000 until December 2007. The results indicate that the alternative model seems to be more effective than the standard model. The minimum LPM hedge ratio model produced better risk/return combinations (measured by the ratio of returns by the measure of risk) for almost all locations.

Key Words: futures markets, optimal hedge ratio, lower partial moments, live cattle

1 INTRODUÇÃO

1.1 Caracterização do problema

Quando uma operação de *hedge* é estruturada, uma das primeiras questões a ser respondida diz respeito ao tamanho ideal da posição a ser assumida no mercado futuro, como forma de reduzir o risco.

No caso de um produtor que realizará a venda de uma *commodity* em uma data futura, por exemplo, o risco de uma possível queda de preço na data da venda pode ser reduzido assumindo uma posição vendida no mercado futuro. Uma vez que a realização do *hedge* de toda produção é muito onerosa, o produtor precisa escolher uma proporção de sua posição à vista a ser assumida no mercado futuro, a fim de reduzir parte do risco, como destacado em Silveira (2002). Esta proporção é conhecida como razão de *hedge* ótima.

Apesar do reconhecimento dos mercados futuros como importante ferramenta de gerenciamento de risco, o mercado futuro agropecuário no Brasil ainda é muito pouco explorado. Conforme salientado por Silveira (2002), entre 1996 e 2001, a participação média

destes contratos em relação ao total negociado na Bolsa de Mercadorias e Futuros – BM&F era de apenas 0,58%. Por outro lado, o crescimento do montante de contratos agropecuários ocorrido entre 2000 e 2006 foi expressivo, passando de 668.181 para 1.394.295, o que corresponde a um aumento de mais de 100%. No entanto, mesmo com este aumento, no mês de novembro de 2007, a participação dos derivativos agropecuários no total financeiro negociado na bolsa era de apenas 0,25% (BM&F, 2007).

Dentre os diversos derivativos agropecuários negociados na BM&F o boi gordo é o que tem recebido maior destaque. De acordo com BM&F (2007), em novembro de 2007, a participação deste no volume total negociado de derivativos agropecuários era de praticamente 53%. O volume negociado em 2007, segundo esta instituição, foi de 940,6 mil contratos, o que corresponde a mais que o dobro do que foi negociado no ano anterior (393,2 mil).

Um importante ponto a ser destacado no mercado futuro de boi gordo da BMF é que este é o que conta com o maior número de participação de pessoas físicas entre os derivativos agropecuários. De acordo com BM&F (2008), em fevereiro de 2008 o total de pessoas físicas neste mercado era de mais de 15 mil (25% do total).

Diante deste crescimento, torna-se relevante determinar qual o montante ideal de hedge a ser feito no mercado futuro, de forma a tornar a comercialização no mercado futuro mais eficiente, no sentido de proporcionar ao hedger um investimento com menores e maiores retornos.

Tradicionalmente, os modelos de razão de hedge ótima de mínima variância têm sido utilizados com esse intuito. Apesar de possuir a vantagem da simplicidade de implementação, diversas críticas são apontadas, principalmente a respeito da utilização da variância (ou desvio padrão) como forma de expressar o risco.

Assim sendo, uma abordagem menos restritiva que a tradicional deve ser considerada. Nesse sentido, propõe-se, no presente trabalho, a utilização de um método de cálculo para a determinação da razão de hedge ótima que expressa o risco de uma forma alternativa ao método tradicional. A razão de hedge ótima calculada a partir da minimização dos momentos parciais inferiores (*lower partial moments* – LPM) parece ser uma alternativa interessante por expressar o risco com referência não na média da distribuição dos retornos, mas sim em um retorno alvo, que não necessariamente é a média.

De acordo com Mattos, Garcia e Nelson (2006) apesar da idéia de se calcular o risco utilizando-se medidas alternativas, tais como as que expressam o risco a partir do lado inferior da distribuição de retornos, ter sido identificada já há algum tempo, poucos estudos utilizaram este método para a determinação das razões de hedge ótimo. Ainda menos estudos aplicaram estas idéias utilizando *commodities* agropecuárias.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho consistiu inicialmente em calcular as razões de hedge ótimas utilizando dois métodos diferentes, a minimização da variância dos retornos da carteira e a minimização do momento parcial inferior (LPM) de segunda ordem com referência no retorno alvo igual a zero. Os cálculos foram realizados para quatorze diferentes localidades onde as cotações de preços no mercado físico de boi gordo foram obtidas no período de janeiro de

2000 a dezembro de 2007 e para o mercado futuro de boi gordo da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F). Uma vez calculadas as razões de hedge ótimas, procurou-se comparar qual dos métodos analisados proporcionou uma melhor estratégia de comercialização em duas análises diferentes: (1) as razões de hedge ótimas foram calculadas utilizando-se todas as informações disponíveis e os retornos e riscos das carteiras dentro do mesmo período foram calculados e avaliados; (2) as razões de hedge ótimas foram calculadas utilizando-se as informações disponíveis até 2006 e as mesmas foram utilizadas para se calcular os retornos e riscos das carteiras no ano de 2007, sendo estas avaliadas para este período.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Johnson (1960) foi um dos primeiros autores a se preocupar em formalizar uma teoria que determinasse o quanto fazer de *hedge*. A partir de sua idéia inicial, outros autores, tais como Stein (1961) e Ederington (1979), desenvolveram trabalhos que originaram o modelo tradicional de mínima variância.

De uma forma geral, o modelo tradicional pode ser formulado a partir do problema de um produtor que se decide por fazer o hedge no mercado futuro vendendo N_F contratos ao preço F_1, no instante t_1. Supõe-se, ainda, que a receita do produtor no mercado *spot* seja auferida somente no instante t_2, com a venda de N_S unidades da *commodity* no mercado *spot* ao preço S_2. No instante t_2, o produtor também realiza a inversão da posição no mercado futuro, comprando N_F contratos ao preço F_2. Assim, as receitas no mercado *spot* e futuro, no instante t_2 são, respectivamente, iguais a:

$$R_S = (S_2 - S_1)N_S \tag{1}$$

$$R_F = N_F(F_1 - F_2) = -N_F(F_2 - F_1) \tag{2}$$

Consequentemente, a receita total é dada pela soma das duas receitas:

$$R = (S_2 - S_1)N_S - N_F(F_2 - F_1) \qquad 3)$$

De acordo com Hull (2005), o produtor procura minimizar a variância de sua carteira (composta por dois ativos: (i) comprado no mercado *spot* e (ii) vendido no mercado futuro) de modo a incorrer no menor risco possível. A solução de minimização da carteira resulta, portanto, na seguinte razão de *hedge* ótima:

$$h^* = \rho_{\Delta S,\Delta F}\frac{\sigma_S}{\sigma_F} = \frac{\mathrm{cov}(\Delta S_t, \Delta F_t)}{\mathrm{var}(\Delta F_t)} \qquad 4)$$

Em que $\mathrm{cov}(\Delta S_t, \Delta F_t)$ é a covariância entre as diferenças dos preços nos mercados spot e futuros.

De acordo com Chen, Lee e Shrestha (2003), outra crítica teórica apontada por muitos autores diz respeito ao uso da variância como forma de expressar o risco do *portfolio*. Markowitz (1952) foi um dos primeiros a verificar este problema e desenvolveu a chamada semi-variância para determinar o risco utilizando somente a parte negativa da distribuição de retornos – *downside risk*. A partir disso, Turvey e Nayak (2003) propuseram um modelo de razão de *hedge* ótima baseado na minimização da semi-variância e encontraram diferenças entre as razões encontradas por este modelo e o de mínima variância.

Assumindo a mesma crítica, autores como Fishburn (1977) e Bawa (1978) generalizaram o conceito da semi-variância de Markowitz ao desenvolverem os momentos parciais inferiores (*lower partial moments* – LPM). Tal modelo é baseado na construção de uma função convexa, que permite uma maior flexibilidade para expressar o risco. Esta medida considera apenas retornos abaixo de um determinado nível alvo de retornos não desejáveis, o qual não é, necessariamente, igual à média (Unser, 2000). Nos trabalhos de Lien e Tse (2000) e Chen, Lee e Shrestha (2001), por exemplo, o conceito do LPM foi utilizado no desenvolvimento de modelos de *hedge* que utilizaram esta medida de risco alternativamente à variância. Ambos os trabalhos encontraram diferenças nas razões de *hedge* calculadas entre o modelo proposto e o tradicional.

Eftekhari (1998) também utilizou a razão de hedge de mínimo LPM aplicando-a ao FTSE-100[1]. Após calcular as razões de hedge de mínima variância e de mínimo LPM, tal autor comparou as estratégias de investimento através do risco e retorno obtidos em carteiras que utilizavam os dois métodos de cálculo. As razões de hedge de mínimo LPM foram, na maior parte dos casos, inferiores àquelas calculadas a partir da minimização da variância do portfolio. Os resultados apontaram para uma maior efetividade das razões de hedge de mínimo LPM na redução do risco e aumento dos retornos, especialmente quando o investidor realiza poucos ajustes em sua posição ao longo do período de estratégia do hedge.

3 METODOLOGIA

3.1 Cálculo do retorno da carteira

A análise desenvolvida nesse trabalho reflete sobre as decisões de um produtor de boi gordo, que assume uma posição vendida no mercado futuro para fazer o *hedge* de sua produção, criando assim, uma carteira de investimento que lhe proporciona um retorno r_h no final do período.

O modelo de retornos analisado foi o seguinte:

$$R_h = R_s - R_f h \tag{5}$$

Em que r_h, r_s e r_f são, respectivamente, os retornos da carteira *hedgeada*, no mercado físico (*spot*) e no mercado futuro; h é a razão de *hedge*.

De acordo com Mattos e Ferreira Filho (2003), os retornos nos mercados físico (r_s) e futuro (r_f), no período t, foram obtidos através da seguinte equação:

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \tag{6}$$

Em que $P_{i,t}$ e $P_{i,t-1}$ representam as cotações de cada um dos ativos no período final (t) e inicial (t-1).

Assumiu-se uma estratégia dinâmica de rolagem do hedge: no mês corrente, vende-se o contrato futuro com vencimento no próximo mês. A venda é realizada sempre no primeiro dia de negociação do mês anterior ao vencimento do contrato. A inversão da posição (compra

[1] Índice calculado a partir de 100 ações representativa da Bolsa de Valores de Londres

do contrato futuro com o mesmo vencimento) é realizada no último dia de negociação do mês anterior ao vencimento do contrato. Por exemplo, no dia 03 de dezembro de 2007 o *hedger* vendeu o contrato de boi gordo com vencimento em janeiro de 2008 e reverteu sua posição no dia 28 de dezembro de 2007, ao comprar o mesmo número de contratos. O preço de ajuste do dia foi utilizado para efetuar os cálculos dos retornos da maneira apontada nas equações (6). Os dias nos quais não houve negociação em pelo menos um dos mercados analisados (mercado *spot* e futuro de boi gordo e mercado à vista do ativo alternativo) foram excluídos da análise para se obter o mesmo número de observações mensais para os três ativos analisados.

3.2 Cálculo do risco da carteira utilizando os momentos parciais inferiores

Diversas medidas de dispersão são utilizadas para analisar o risco de ativos financeiros, sendo a variância a mais comum entre elas. No entanto, como ressaltado por autores como Markowitz (1959), Fishburn (1977), Bawa (1978), Lien e Tse (2000) e Unser (2000), muitos investidores possuem sua percepção de risco associada ao fracasso de se atingir um determinado nível de retorno. Dessa forma, tratando-se de retornos no mercado financeiro, a utilização de toda a distribuição dos retornos – tanto a parte negativa quanto a positiva – no cálculo do risco, pode não reproduzir corretamente a percepção do investidor. Ao identificar este comportamento, Markowitz (1959) desenvolveu o conceito de semi-variância como uma medida alternativa à variância, apontando-a com uma forma mais plausível para representar o risco. A semi-variância pode ser representada como:

$$S = E\left[Min\left(0, R_t - c\right)^2\right] \tag{7}$$

Na equação (8), R_t representa os retornos a cada período t, enquanto o parâmetro $c = E(R_t)$. Assumindo-se um mercado eficiente, a equação (7) pode ser interpretada como o risco de se obter retornos negativos no período analisado. Esta interpretação, de certa forma, originou o conceito do risco do lado inferior da distribuição de retornos, também conhecido com *downside risk*.

Autores como Fishburn (1977) e Bawa (1978), procuraram generalizar o conceito de *downside risk* e formalizaram o conceito de momentos parciais inferiores – *lower partial moments – LPM*, no qual a variância e a semi-variância são casos particulares. O LPM é uma função convexa que, de acordo com Fishburn (1977), considera os desvios abaixo de um nível de referência ou alvo δ .

De acordo com Mattos, Garcia e Nelson (2006), o LPM de ordem α com alvo em δ pode ser calculado a partir da seguinte equação:

$$LPM_{\alpha}\left(R_h, \delta\right) = \int_{-\infty}^{\delta} \left(R_h - \delta\right)^{\alpha} dF(R_h) \tag{8}$$

Segundo Fishburn (1977), o parâmetro α pode ainda ser interpretado como uma medida de aversão ao risco de modo que valores de $\alpha > 1$ indicam aversão ao risco, enquanto $\alpha < 1$, indicam propensão ao risco. De acordo com Eftekhari (1998), quando $\alpha = 1$, o LPM_1

pode ser interpretado como o desvio médio de perdas abaixo do nível de referência. Quando α = 2, $\delta = E(R_h)$ e α = 2, o LPM_2 é a medida tradicional de semi-variância. Se $\delta = E(R_h)$, α = 2 e a distribuição dos retornos for simétrica, o LPM_2 é uma medida proporcional à variância.

3.3 Cálculo das razões de hedge ótimas

Dois métodos de cálculo de razões de hedge ótimas serão comparados: (i) o modelo tradicional de mínima variância (MV) e (ii) o modelo de mínimo LPM.

A razão de hedge ótima de mínima variância será calculada a partir do modelo já apresentado na seção 2, no qual h*MV corresponde à razão de hedge ótima obtida a partir da minimização da variância da carteira composta pelas posições compradas no mercado físico e vendida no mercado futuro. O cálculo de h*MV será obtido, portanto, através da seguinte equação:

$$h*MV = \rho_{R_S,R_f} \frac{\sigma_{R_S}}{\sigma_{R_f}} = \frac{\text{cov}(R_s, R_f)}{\text{var}(R_f)} \tag{9}$$

Assumindo agora que a medida de risco a ser minimizada é o LPM de ordem zero, com referência no retorno alvo igual a zero, o produtor desejará minimizar a seguinte equação:

$$\min_h LPM_\alpha(R_h;\delta) = \min_h LPM_\alpha(R_s - hR_f;0) \tag{10}$$

No entanto, a razão de hedge de mínimo LPM (h*LMP) não pode ser calculada diretamente a exemplo de h*MV, pois, não existe solução analítica para o problema de minimização. Desta forma, a solução numérica foi o método de cálculo utilizado para encontrar h*LPM. Esta também foi a solução proposta por Eftekhari (1998) e também por Lien e Tse (2000).

3.4 Análises comparativas

Uma vez calculadas as razões de hedge ótimas pelo modelo tradicional (h*MV) e pela minimização do LPM (h*LPM), duas análises comparativas diferentes foram realizadas. Em ambas, as razões de hedge h*MV e h*LPM foram aplicadas na equação (5) para desta forma se calcular o retorno (R_h) e o risco das carteiras em cada uma das localidades analisadas. No caso do modelo tradicional, o risco foi representado pelo desvio padrão de R_h (dp_MV) enquanto que, no modelo alternativo, utilizou-se o desvio padrão do LPM de ordem 2, com retorno alvo igual a zero (dp_LPM).

Na análise 1, todo o período (janeiro de 2002 a dezembro de 2007) foi utilizado para se calcular as razões de hedge ótimas e posteriormente estas foram aplicadas à equação (5) para se obterem os retornos e riscos das carteiras. Na análise 1, portanto, pressupôs-se que o investidor conhecia as razões de hedge ótimas desde o início do período e utilizou-as para realizar o hedge em durante todo o período.

Na análise 2, apenas as 60 primeiras observações (janeiro de 2002 a dezembro de 2007) foram utilizadas para se calcular as razões de hedge ótimas. Posteriormente, h*MV e

h*LPM foram utilizadas para se calcular os retornos e os riscos das carteiras em todas as localidades no período restante (janeiro de 2007 a dezembro de 2007). Na análise 1, portanto, pressupôs-se que o investidor utilizou-se das informações passadas para realizar o hedge no último ano, mantendo a razão ótima calculada anteriormente na estratégia de hedge no ano de 2007.

Uma vez calculados os retornos e os riscos das carteiras em todas as localidades para as duas análises propostas, a comparação entre as estratégias de se utilizar uma outra razão de hedge foi realizada a exemplo da proposta por Eftekhari (1998). Tal autor determinou como sendo a melhor estratégia, aquela que resultou na maior relação retorno/risco no período analisado.

3.5 Dados utilizados

Os dados utilizados são referentes às cotações de ajuste diário no mercado futuro de boi gordo da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) e às cotações de preços à vista, em 14 localidades, realizadas pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (CEPEA ESALQ-USP). As localidades analisadas foram: Araçatuba (ARC), Bauru/Marília (BMA), Presidente Prudente (PRP), São José do Rio Preto (SJR), Goiânia (GOI), Rio Verde (RVD), Campo Grande (CGD), Dourados (DOU), Três Lagoas (TLG), Cuiabá (CUI), Colíder (COL), região do Triângulo Mineiro (TMN), Rondônia (RON), e região noroeste do Paraná (NOP). As cotações referentes ao mercado futuro foram coletados no site da BM&F enquanto as cotações nos mercados físicos foram obtidas junto ao CEPEA-USP. Os dados utilizados são referentes ao período entre 1 de janeiro de 2002 a 31 de dezembro de 2007.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta um resumo estatístico descritivo dos dados utilizados no trabalho. Verifica-se que, apesar de reduzidos, os retornos médios em todas as praças analisadas, e também para a posição vendida no mercado futuro, foram positivos. É interessante também verificar que, no período analisado, os dados de retornos possuem problemas de curtose e assimetria. De acordo com Eftekhari (1998) isto pode ter importantes implicações no cálculo de medidas de downside risk, e particularmente para o LPM, desde que os investidores tipicamente preferem retornos com simetria positiva[2]. Verifica-se, ainda que, ao contrário do pensamento intuitivo, as distribuições dos retornos em muitas localidades foram mais voláteis que no mercado futuro na BM&F.

A Tabela 2, por sua vez, apresenta os resultados do cálculo dos coeficientes de correlação das diferenças de preços entre as diversas localidades analisadas e o mercado futuro. Nota-se que os maiores valores de correlação entre os preços spot e futuro foram aqueles calculados nas localidades do interior paulista, na respectiva ordem decrescente:

[2] Scott e Harvott (1980) mostraram que a direção das preferências dos indivíduos é positiva (negativa) para valores positivos (negativos) de momentos centrais na média de ordem ímpar (tal como a assimetria) e negativa para valores de momentos de ordem par (tais como a variância e a curtose).

Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Bauru/Marília (também Dourados, no Mato Grosso do Sul apresentou um dos maiores coeficientes de correlação). Por outro lado, localidades mais distantes e com menor tempo de cotação de preços, tais como Rondônia e Colíder foram as que apresentaram menores coeficientes de correlação com o mercado futuro. Pode-se ainda observar que as correlações calculadas entre as localidades foram substancialmente superiores àquelas calculadas entre elas e o mercado futuro. Particular atenção pode ser dada para as elevadas correlações calculadas entre Araçatuba e as demais localidades. Este resultado sugere que o mercado spot de Araçatuba, importante local de comercialização de boi gordo, tem grande influência na determinação dos preços das demais localidades. Outra informação interessante que pode ser verificada, ainda na Tabela 2, é que existem elevadas correlações entre localidades próximas, o que sugere a existência de forte determinação regional de preços.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos dados

BMF	Média	0,0048			
	Desvio padrão	0,0474			
	Curtose	0,4481			
	Assimetria	0,2159			
	Observações	72			
Araçatuba	Média	0,0053	Noroeste do Paraná	Média	0,0052
	Desvio padrão	0,0452		Desvio padrão	0,0448
	Curtose	0,4449		Curtose	0,5396
	Assimetria	0,7393		Assimetria	0,7806
	Observações	72		Observações	72
Bauru/Marília	Média	0,0044	Presidente Prudente	Média	0,0052
	Desvio padrão	0,0449		Desvio padrão	0,0437
	Curtose	0,5057		Curtose	0,5474
	Assimetria	0,5899		Assimetria	0,6436
	Observações	72		Observações	72
Campo Grande	Média	0,0040	Rio Verde	Média	0,0057
	Desvio padrão	0,0508		Desvio padrão	0,0502
	Curtose	0,4510		Curtose	0,7131
	Assimetria	0,0869		Assimetria	0,6432
	Observações	72		Observações	72
Colider	Média	0,0025	Rondônia	Média	0,0042
	Desvio padrão	0,0487		Desvio padrão	0,0434
	Curtose	0,5292		Curtose	0,3765
	Assimetria	-0,0079		Assimetria	0,4540
	Observações	53		Observações	64
Cuiabá	Média	0,0054	São José do Rio Preto	Média	0,0061
	Desvio padrão	0,0451		Desvio padrão	0,0447
	Curtose	0,3554		Curtose	0,3098
	Assimetria	-0,2904		Assimetria	0,6279
	Observações	72		Observações	72
Dourados	Média	0,0048	Três Lagoas	Média	0,0041
	Desvio padrão	0,0500		Desvio padrão	0,0497
	Curtose	0,1373		Curtose	0,4680
	Assimetria	0,2938		Assimetria	0,2592
	Observações	72		Observações	72
Goiânia	Média	0,0065	Triângulo Mineiro	Média	0,0046
	Desvio padrão	0,0515		Desvio padrão	0,0482
	Curtose	0,6951		Curtose	1,1152
	Assimetria	0,6342		Assimetria	0,7106
	Observações	72		Observações	72

Fonte: Dados do trabalho

Tabela 2 – Coeficientes de correlação entre retornos das diferentes praças analisadas e o mercado futuro da BM&F (jan/2002 a dez/2007)

	BMF	ARC	BMA	CGD	COL	CUI	DOU	GOI	NOP	PRP	RVD	RON	SJR	TLG	TMN
BMF	1,0000														
ARC	0,7289	1,0000													
BMA	0,6710	0,9809	1,0000												
CGD	0,6295	0,8880	0,8777	1,0000											
COL	0,4567	0,7681	0,7830	0,8487	1,0000										
CUI	0,6065	0,8384	0,8362	0,7982	0,8073	1,0000									
DOU	0,6785	0,9028	0,8855	0,9594	0,7873	0,7793	1,0000								
GOI	0,5792	0,8854	0,8894	0,7604	0,7237	0,8748	0,7837	1,0000							
NOP	0,6278	0,9319	0,9335	0,8918	0,7727	0,7626	0,9047	0,8324	1,0000						
PRP	0,7035	0,9718	0,9621	0,8728	0,7362	0,8235	0,9015	0,8699	0,9199	1,0000					
RVD	0,6591	0,9381	0,9309	0,8228	0,7343	0,8535	0,8550	0,9478	0,8956	0,9264	1,0000				
RON	0,5008	0,7760	0,7842	0,7895	0,8774	0,8343	0,7338	0,7367	0,7707	0,7379	0,7237	1,0000			
SJR	0,7177	0,9875	0,9804	0,8839	0,7921	0,8460	0,9061	0,9029	0,9386	0,9682	0,9519	0,7753	1,0000		
TLG	0,6525	0,9119	0,9055	0,9709	0,8000	0,7581	0,9669	0,7793	0,9142	0,8999	0,8490	0,7361	0,9116	1,0000	
TMN	0,6297	0,9359	0,9366	0,7988	0,6858	0,8495	0,8286	0,9477	0,8927	0,9200	0,9707	0,7126	0,9450	0,8316	1,0000

Legenda: BMF = Bolsa de Mercadorias e Futuros; ARC = Araçatuba; BMA = Bauru e Marília; CGD = Campo Grande; CUI = Cuiabá; DOU = Dourados; GOI = Goiânia; NOP = Noroeste do Paraná; PRP = Presidente Prudente; RVD = Rio Verde; RON = Rondônia; SJR = São José do Rio Preto; TLG = Três Lagoas; TMN = Triângulo Mineiro.

Fonte: Dados do trabalho.

A Tabela 1A, no Anexo, apresenta os resultados do cálculo das razões de hedge ótima, para a análise 1, calculadas a partir dos dois modelos propostos: o modelo tradicional de mínima-variância (h* MV) e o de mínimo LPM (h* LPM). Nesta análise, os resultados são referentes aos cálculos utilizando-se toda a amostra, ou seja, os dados de retornos no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2007.

Verifica-se que, em 8 das 14 localidades analisadas, ou seja, 57% do total, a razão de hedge de mínimo LPM foi inferior àquela calculada a partir do modelo de mínima variância.

A Tabela 3, por sua vez, apresenta o cálculo das razões de retorno/risco utilizando-se as razões de hedge ótimas para cada um dos métodos utilizados (minimização do LPM e minimização da variância do portfolio), o que permite uma avaliação mais clara dos modelos analisados.

Tabela 3 - Razão retorno/risco calculadas a partir dos retornos obtidos através das razões de hedge ótimas para a análise 1.

	Mínimo LPM	Mínima Variância
Araçatuba (ARC)	0,0329	0,0261
Bauru/Marilia (BMA)	0,0223	0,0189
Campo Grande (CGD)	0,0078	0,0107
Colider (COL)	-0,0502	-0,0019
Cuiabá (CUI)	0,0302	0,0398
Dourados (DOU)	0,0167	0,0168
Goiânia (GOI)	0,0558	0,0479
Noroeste do Paraná (NOP)	0,0493	0,0363
Presidente Prudente (PRP)	0,0325	0,0305
Rio Verde (RVD)	0,0303	0,0302
Rondônia (RON)	0,0221	0,0241
São José do Rio Preto (SJR)	0,0428	0,0407
Três Lagoas (TLG)	0,0106	0,0107
Triângulo Mineiro (TMN)	0,0261	0,0210

Fonte: Resultados do trabalho.

Os resultados da Tabela 3 mostram que, em todas as localidades nas quais a razão de hedge de mínimo LPM foi inferior à razão de hedge de mínima variância, as relações de retorno/risco foram mais favoráveis. As localidades para as quais se obteve tais resultados foram as seguintes: Araçatuba, Bauru/Marília, Goiânia, noroeste do Paraná, Rio Verde, São José do Rio Preto e Triângulo Mineiro.

Desta forma, pode-se dizer que as razões de hedge de mínimo LPM foram mais efetivas no sentido em que proporcionaram, na maior parte das localidades analisadas, maiores retornos com menores riscos quando comparados aos mesmos resultados obtidos com a utilização da razão de hedge do modelo tradicional.

A Tabela 2A, por sua vez, apresenta os resultados do cálculo das razões de hedge ótimas para a análise tipo 2. Nesta análise, os resultados são referentes aos cálculos utilizando-se parte da amostra (janeiro de 2002 a dezembro de 2006) e reservando o último ano para verificar a performance dos dois modelos analisados.

Pode-se verificar que, quando comparados aos resultados apresentados na Tabela 1A, referente à análise 1, os valores calculados para as razões de hedge ótimas obtidas na análise do tipo 2, para ambos os modelos (mínima variância e mínimo LPM), foram superiores. Observa-se, também, que, ao contrário da análise anterior, para todas as localidades, os valores das razões de hedge de mínimo LPM foram maiores que os calculados pelo modelo tradicional.

Com a exceção de Rondônia, em todas as demais localidades, os retornos das carteiras obtidos a partir do modelo de mínimo LPM foram superiores aos obtidos utilizando-se a razão de hedge de MV.

A exemplo da Tabela 3, a Tabela 4 apresenta os resultados das razões retorno/risco para a análise 2.

Tabela 4 - Razão retorno/risco calculadas a partir dos retornos obtidos através das razões de hedge ótimas para a análise 2.

	Mínimo LPM	Mínima Variância
Araçatuba (ARC)	0,6024	0,5806
Bauru/Marilia (BMA)	0,5677	0,5448
Campo Grande (CGD)	0,5644	0,5249
Colider (COL)	0,6975	0,6085
Cuiabá (CUI)	0,7766	0,6923
Dourados (DOU)	0,5280	0,4993
Goiânia (GOI)	0,5106	0,4886
Noroeste do Paraná (NOP)	0,4870	0,4850
Presidente Prudente (PRP)	0,5970	0,5749
Rio Verde (RVD)	0,9691	0,4695
Rondônia (RON)	0,4034	0,7485
São José do Rio Preto (SJR)	0,6052	0,5853
Três Lagoas (TLG)	0,5401	0,5026
Triângulo Mineiro (TMN)	0,4589	0,4415

Fonte: Resultados do trabalho.

Constata-se que, apenas com a exceção de Rondônia, as relações retorno/risco obtidas ao utilizar a razão de hedge de mínimo LPM no ano de 2007, foram superiores àquelas utilizando-se o h*MV. Ou seja, em aproximadamente 93% das localidades, a efetividade da razão de hedge de mínimo LPM foi superior à do modelo tradicional. Comparativamente, os resultados obtidos com a utilização do h*LPM foram superiores no sentido de aumentar o retorno do portfolio sem proporcionar um aumento proporcional no risco. Este fato pode ser comprovado verificando-se que, quando comparadas as médias dos retornos e riscos obtidos

em cada um dos métodos em todas as localidades[3], o incremento de retorno obtido pela utilização da h*LPM foi de 12,06%, enquanto o incremento de risco proporcionado pela adoção desta razão de hedge foi apenas 7,58% superior.

5 CONCLUSÕES

Muitas críticas a respeito do modelo de razão de hedge ótima de mínima variância são frequentemente realizadas na literatura. Uma das críticas mais freqüentes é realizada a respeito da utilização da variância como medida representativa do risco do portfolio dos investidores. A utilização do momento parcial inferior como medida de risco na tentativa de estabelecer uma razão de hedge ótima alternativa ao modelo tradicional parece ser eficiente no sentido de aumentar o retorno do portfolio, sem apresentar um aumento proporcional no risco do mesmo.

Nas duas análises comparativas realizadas, os resultados apontaram para uma maior efetividade das razões de hedge de mínimo LPM em comparação ao modelo tradicional. Na análise na qual as razões de hedge foram calculadas até 2006, e estas utilizadas para os cálculos dos retornos e riscos das carteiras no ano de 2007, constatou-se que, em 93% das localidades analisadas, o h*LPM proporcionou um resultado superior ao modelo tradicional caso o produtor o tivesse utilizado em sua estratégia de hedge.

Apesar dos resultados encontrados no presente trabalho apontarem para a superioridade do modelo de mínimo LPM em relação ao modelo tradicional, na determinação da proporção ótima de hedge a ser realizada por produtores de boi gordo, na BM&F, outros testes devem ser feitos para se comprovar a robustez do modelo.

Trabalhos futuros podem verificar os resultados utilizando outros retornos alvos, diferentes do retorno igual a zero, ou ainda, podem-se utilizar outras estratégias de hedge como, por exemplo, com periodicidade quinzenal, bimestral ou trimestral. Com estratégias mais curtas de hedge, períodos maiores podem ser reservados para comparação dos resultados do modelo proposto com o modelo tradicional.

REFERÊNCIAS

BAWA, V. S. Safety first, stochastic dominance, and optimal portfolio choice. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**. Vol 13, pp. 255–271, 1978.

BOLSA DE MERCADORIAS E FUTUROS (BM&F). **Relatório agropecuário mensal: março 2007**. Disponível em: < http://www.bmf.com.br/portal/pages/imprensa1/relatorios/RelMensal/RelatorioMensal_marco2007.pdf>. Acesso em 21 abr. 2007.

[3] Calculando-se as médias de cada $\frac{R_{LPM}^{localidade(i)} - R_{MV}^{localidade(i)}}{R_{LPM}^{localidade(i)}}$ e de cada $\frac{DP_{LPM}^{localidade(i)} - DP_{MV}^{localidade(i)}}{DP_{LPM}^{localidade(i)}}$.

BOLSA DE MERCADORIAS E FUTUROS (BM&F). **Boletim.** Disponível em: < http://www2.bmf.com.br/pages/portal/portal/boletim1/distribuicao1.asp>. Acesso em 14 fev. 2008.

CHEN, S.; LEE, C.; SHRESTHA, K. Futures hedge ratios: a review. **The Quartely Reviwe of Economics and Finance**, 43, 433-465, 2003.

EDERINGTON, L. H. The hedging performance of the new futures markets. **The Journal of Finance**. Vol 34, March, No. 1. p. 157-170, 1979.

EFTEKHARI, B. Lower partial moment hedge ratios. **Applied Financial Economics**, 8, 645-652, 1998.

FISHBURN, P. C. Mean-risk analyis with risk associated with below-target returns. **The American Economic Review**, 67, 116-126, 1977.

HULL, J. **Fundamentos dos mercados futuros e de opções**. Tradução de Marco Aurélio Teixeira. 4. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2005.

JOHNSON, L. L. The theory of hedging and speculation in commodity futures. The **Review of Economic Studies**. Vol 27, No. 1, June. p. 139-151, 1960.

LIEN, D.; TSE, Y. K. Hedging downside risk with futures markets. **Applied Financial Economics**, 163-170, 2000.

MARKOWITZ, H. The utility of wealth. **The Journal of Political Economy**, Vol. 60, No. 2., Apr., 1952, pp. 151-158, 1952.

MATTOS, F.; GARCIA, P.; NELSON, C. Relaxing standard hedging assumptions in the presence of donwside risk. **Quartely Review of Economics and Finance**, 2006. 16 p. forthcoming.

MATTOS, F. L.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Use of crops and livestock futures contracts in portfolios: an analysis of feasibility. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Mar 2003, vol.41, no.1, p.117-138

SILVEIRA, R. F. L. **Análise das operações de cross hedge do bezerro e do hedge do boi gordo no mercado futuro da BM&F**. 2002. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

STEIN, J. L. The simultaneous determination of spot and futures prices. **The American Economic Review**, 51, 1012-1025, 1961.

TURVEY, C. G.; NAYAK, G. The semivariance-minimizing hedge ratio. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, 28, 100-115, 2003.

UNSER, M. Lower partial moments as measures of perceived risk: an experimental study. **Journal of Economics Psychology**, 21, 253-280, 2000.

ANEXOS

Tabela 1A – Resultado do cálculo das razões de hedge de mínima variância, de mínimo LPM e da análise do retorno e desvio padrão (dp) das carteiras hedgeadas: análise tipo 1.

Araçatuba	h* LPM	0,6300	Noroeste do Paraná	h* LPM	0,4600
	h* MV	0,6950		h* MV	0,5934
	Retorno LPM	0,0023		Retorno LPM	0,0030
	Retorno MV	0,0019		Retorno MV	0,0024
	dp_LPM	0,0700		dp_LPM	0,0609
	dp_MV	0,0728		dp_MV	0,0662
Bauru/Marília	h* LPM	0,6000	Presidente Prudente	h* LPM	0,6200
	h* MV	0,6358		h* MV	0,6486
	Retorno LPM	0,0015		Retorno LPM	0,0022
	Retorno MV	0,0013		Retorno MV	0,0021
	dp_LPM	0,0674		dp_LPM	0,0677
	dp_MV	0,0728		dp_MV	0,0689
Campo Grande	h* LPM	0,7200	Rio Verde	h* LPM	0,6900
	h* MV	0,6740		h* MV	0,6984
	Retorno LPM	0,0006		Retorno LPM	0,0023
	Retorno MV	0,0008		Retorno MV	0,0023
	dp_LPM	0,0770		dp_LPM	0,0759
	dp_MV	0,0751		dp_MV	0,0762
Colider	h* LPM	0,7000	Rondônia	h* LPM	0,4900
	h* MV	0,4466		h* MV	0,4671
	Retorno LPM	-0,0036		Retorno LPM	0,0013
	Retorno MV	-0,0014		Retorno MV	0,0014
	dp_LPM	0,0717		dp_LPM	0,0589
	dp_MV	0,0695		dp_MV	0,0581
Cuiabá	h* LPM	0,6800	São José do Rio Preto	h* LPM	0,6500
	h* MV	0,5765		h* MV	0,6760
	Retorno LPM	0,0021		Retorno LPM	0,0030
	Retorno MV	0,0013		Retorno MV	0,0029
	dp_LPM	0,0695		dp_LPM	0,0701
	dp_MV	0,0654		dp_MV	0,0712
Dourados	h* LPM	0,7300	Três Lagoas	h* LPM	0,7000
	h* MV	0,7160		h* MV	0,6846
	Retorno LPM	0,0013		Retorno LPM	0,0008
	Retorno MV	0,0013		Retorno MV	0,0008
	dp_LPM	0,0778		dp_LPM	0,0757
	dp_MV	0,0772		dp_MV	0,0751
Goiânia	h* LPM	0,5500	Triângulo Mineiro	h* LPM	0,5800
	h* MV	0,6293		h* MV	0,6404
	Retorno LPM	0,0039		Retorno LPM	0,0018
	Retorno MV	0,0035		Retorno MV	0,0015
	dp_LPM	0,0699		dp_LPM	0,0689
	dp_MV	0,0730		dp_MV	0,0713

Fonte: Resultados do trabalho

Tabela 2A – Resultado do cálculo das razões de hedge de mínima variância, de mínimo LPM e da análise do retorno e desvio padrão (dp) das carteiras hedgeadas: análise tipo 2.

Araçatuba	h* LPM	0,7800	Noroeste do Paraná	h* LPM	0,5800
	h* MV	0,6613		h* MV	0,5732
	Retorno LPM	0,0459		Retorno LPM	0,0357
	Retorno MV	0,0425		Retorno MV	0,0355
	dp_LPM	0,0762		dp_LPM	0,0733
	dp_MV	0,0732		dp_MV	0,0732
Bauru/Marília	h* LPM	0,7200	Presidente Prudente	h* LPM	0,7300
	h* MV	0,6067		h* MV	0,6157
	Retorno LPM	0,0415		Retorno LPM	0,0440
	Retorno MV	0,0383		Retorno MV	0,0407
	dp_LPM	0,0731		dp_LPM	0,0737
	dp_MV	0,0732		dp_MV	0,0708
Campo Grande	h* LPM	0,8600	Rio Verde	h* LPM	0,8000
	h* MV	0,6543		h* MV	0,6472
	Retorno LPM	0,0438		Retorno LPM	0,0470
	Retorno MV	0,0380		Retorno MV	0,0370
	dp_LPM	0,0776		dp_LPM	0,0485
	dp_MV	0,0724		dp_MV	0,0788
Colider	h* LPM	0,8000	Rondônia	h* LPM	0,5700
	h* MV	0,3716		h* MV	0,4471
	Retorno LPM	0,0452		Retorno LPM	0,0353
	Retorno MV	0,0331		Retorno MV	0,0375
	dp_LPM	0,0648		dp_LPM	0,0875
	dp_MV	0,0582		dp_MV	0,0501
Cuiabá	h* LPM	0,7700	São José do Rio Preto	h* LPM	0,7600
	h* MV	0,5716		h* MV	0,6513
	Retorno LPM	0,0452		Retorno LPM	0,0446
	Retorno MV	0,0377		Retorno MV	0,0415
	dp_LPM	0,0582		dp_LPM	0,0737
	dp_MV	0,0533		dp_MV	0,0709
Dourados	h* LPM	0,9200	Três Lagoas	h* LPM	0,8500
	h* MV	0,7148		h* MV	0,6523
	Retorno LPM	0,0425		Retorno LPM	0,0438
	Retorno MV	0,0377		Retorno MV	0,0382
	dp_LPM	0,0805		dp_LPM	0,0811
	dp_MV	0,0755		dp_MV	0,0760
Goiânia	h* LPM	0,6500	Triângulo Mineiro	h* LPM	0,6800
	h* MV	0,5664		h* MV	0,5995
	Retorno LPM	0,0435		Retorno LPM	0,0385
	Retorno MV	0,0406		Retorno MV	0,0362
	dp_LPM	0,0852		dp_LPM	0,0839
	dp_MV	0,0831		dp_MV	0,0820

Fonte: Resultados do trabalho