



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.*



ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESTRATÉGIAS DE HEDGE COM BASE EM MODELOS ESTÁTICOS E DINÂMICOS PARA CONTRATOS FUTUROS DE CAFÉ ARÁBICA

CARLOS ANDRÉ DA SILVA MÜLLER; ALTAIR DIAS DE MOURA; JOÃO EUSTÁQUIO DE LIMA;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

VIÇOSA - MG - BRASIL

carlos.andre@universidade.net

APRESENTAÇÃO ORAL

Comercialização, Mercados e Preços

Análise comparativa entre estratégias de *hedge* com base em modelos estáticos e dinâmicos para contratos futuros de café arábica ^{1,2}

Grupo de Pesquisa 1: Comercialização, Mercados e Preços

Resumo:

Dentro do agronegócio brasileiro, o café arábica está entre os produtos com o mais elevado nível de risco e, ainda assim, é um produto importante para a economia brasileira. Os mercados futuros são reconhecidos como meio de gerenciamento desses riscos, mas observou-se o baixo uso desse mecanismo no caso brasileiro. Por outro lado, a literatura tem avançado quanto aos métodos para realização de estratégias de *hedge*. Em vista disso, esse artigo teve a finalidade de analisar a efetividade, em redução de riscos, de diferentes estratégias de *hedge* para o café arábica no Brasil. Foram Testadas quatro estratégias: não atuação em mercados futuros; cobertura completa; estratégia estática que incorpora o conteúdo informacional em médias condicionais, obtida pelo modelo VEC; e a dinâmica, que incorpora o conteúdo informacional sobre a volatilidade, derivada do modelo GARCH Multivariado BEKK. Os resultados indicaram a estratégia dinâmica como mais efetiva, seguida da estática, cobertura completa e não atuação em mercados futuros. Contudo, a dinâmica teve pequena superioridade, quando comparada à estática, donde se concluiu que as

¹ O primeiro autor agradece à FAPEMIG pela bolsa de doutorado, enquanto foi doutorado pela Universidade Federal de Viçosa, no Departamento de Economia Rural.

² Trabalho parte da Tese de doutoramento do primeiro autor.



duas estratégias tiveram efetividades semelhantes. Quanto às demais estratégias, elas foram desaconselháveis.

Palavras-chave: efetividade, *hedge*, café arábica, VEC, MGARCH BEKK

Abstract

The Arabian coffee is the highest level of risk among the products inside the Brazilian agribusiness, and it is an important product to the Brazilian economy. The futures markets are recognized as a way of managing these risks, but there was identified low use of this mechanism in the Brazilian's case. Moreover, the literature has advanced in the methods for implementation of hedge strategies. This paper had the purpose of analyzing the reducing risks effectiveness of different hedge strategies for the Arabian coffee in Brazil. It were tried four strategies: no performance in futures markets; Complete coverage; Static strategy, that incorporates the informational content in conditional average, obtained by the VEC model; and the dynamic strategy, which incorporates the informational content on the volatility, derived from the Multivariate GARCH BEKK model. The results indicated the dynamic strategy as more effective, followed by static, complete coverage, not performance in future markets. However, the dynamic had not significantly more effective when compared to the static, from that it was possible to conclude that the two strategies were similar effectiveness. As for other strategies, they were non advisable.

Key-word: effectiveness, hedge, Arabian coffee, VEC, MGARCH BEKK

1. Introdução

Entre os agentes do agronegócio, os que comercializam a produção de café arábica estão entre os que mais percebem riscos em suas operações. Conforme salienta MARTINS (2005), o café arábica é um produto que tem um dos maiores níveis de risco de preços e tal característica gera forte instabilidade na realização dos negócios, uma vez que a elevada volatilidade implica em elevado grau de risco para quem comercializa o produto.

Mesmo diante desses riscos, o Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial como principal produtor e exportador de café. Dados da Organização Internacional do Café – ICO (2006) mostraram que, em 2005, o Brasil foi responsável por 30,17% do total de comércio internacional do produto, o que, segundo dados do IPEADATA (2006), resultou em US\$ 2,93 bilhões de receitas. Além disso, a lavoura de café representou 32,39% do total da área plantada em lavouras permanentes em 2004, tendo alcançado R\$ 7,38 bilhões na realização de seus negócios (SIDRA, 2006).

Estatísticas apresentadas por Saes e Nakazone (2002) mostram que dois terços dos municípios brasileiros que tem a cultura do café como principal atividade estão entre os 30% dos municípios mais bem posicionados no cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) das Nações Unidas, o que demonstra também importância social para o produto.

Para mitigar riscos da comercialização de café arábica, há o mecanismo de mercados futuros que, conforme Marques e Mello (1999) e Aguiar (2000), são amplamente reconhecidos para garantia de preços ou, no mínimo, reduz sua variabilidade, e assim eleva a estabilidade na realização de negócios. Contudo, o seu uso pelo setor agropecuário no Brasil ainda é muito baixo. Conforme dados da Bolsa de Mercados e Futuros – BM&F (2006), em



2006, o volume de negócios em mercados futuros e de opções desse setor foi 0,1185% do realizado com índices financeiros. Um resultado bastante inferior à dimensionalidade do agronegócio brasileiro.

Especificamente no caso do café, o estudo de Rezende e Rosado (2003) identificaram que apenas 2,2% dos produtores usam os preços cotados em bolsa de mercadorias como fonte de informação acerca da comercialização de seu produto, e demonstra que o percentual de efetiva operação em mercados futuros provavelmente seja ainda menor, ou seja, há indícios de má divulgação dos benefícios do uso de mercados futuros, o que provavelmente explica a sua baixa utilização.

Vários estudos foram desenvolvidos com vistas a subsidiar estratégias de *hedge*, como Barros e Aguiar (2005), Bressan e Lima (2002) Fineli et al. (1999). Entre esses se destaca a análise de efetividade de *hedge*, na qual baseia-se no pressuposto de minimização de riscos. De outra forma, entende-se por efetividade de *hedge* como a capacidade de uma estratégia de atuação em mercados futuros de reduzir riscos oriundos da comercialização no mercado à vista, o tanto quanto possível. Quanto maior a redução de riscos, mais efetiva é a estratégia de *hedge*.

De acordo com Hull (1996, p. 99), uma forma comum de identificar estratégias de *hedge* é por meio da razão de *hedge* definido como “a proporção do tamanho da posição em contratos futuros com relação à extensão da exposição ao risco”. No caso de futuros agropecuários, isso significa negociar uma proporção desses contratos, quando comparados com a comercialização física (definido em termos percentuais). De forma geral, a estratégia de *hedge* é essa proporção.

Questionamentos acerca do melhor meio de se obter estratégias de *hedge* que minimizassem a variância teve início em Ederington (1979). Posteriormente, autores como Myers e Thompson (1989) e Ghosh (1993), questionaram a necessidade de presença de conteúdo informacional, dado pelo comportamento passado dos preços (ou retornos) e relações de co-integração. Como característica comum, as estratégias derivadas das sugestões desses autores são estáticas, ou seja, a razão de *hedge*, permanece constante durante todo o período necessário de cobertura.

Contudo, evidências empíricas de ocorrência de volatilidade condicional passaram a ganhar atenção na literatura de *hedging*, uma vez que as mudanças nas condições voláteis alteram também os riscos dos agentes que atuam em mercados futuros (ENGLE E KRONER, 1995; BOLLERSLEV, 1990). Sob esse aspecto, a estratégia de *hedge* deveria levar em consideração efeitos voláteis, o que tornaria a razão de *hedge* dinâmica, uma vez que a variância dos preços futuros e à vista e a covariância entre ambos teriam modificações ao longo do tempo.

Park e Switzer (1995) testaram a efetividade das estratégias estáticas e dinâmicas de *hedge* para índices financeiros e, em ambos, a estratégia dinâmica resultou em maior efetividade na redução de risco em comparação com as demais. Contudo, Myers (1991) considera que, na prática, o desempenho empírico do *hedge* dinâmico é pouco sensível em redução de risco, e por essa razão, afirmou que realizar estratégias estáticas de *hedge* é uma aproximação aceitável.

Dada à importância do mercado de café arábica brasileiro, um estudo que teste a efetividade de estratégias estáticas e dinâmicas de *hedge* para esse produto tem relevância, uma vez que a atuação em futuros é ainda diminuta devido à ausência de informações acerca



dos benefícios dos mercados futuros. Além disso, o produto é relevante para economia brasileira, e configurar-se entre os que tem maior nível de riscos dentro do agronegócio.

Fineli et al. (1999), Pacheco (2000) e Pinto (2001) realizaram estudos sobre efetividade das estratégias de *hedge* para o café no Brasil. No entanto, nenhum deles incorporou estratégias dinâmicas de *hedge*.

Dado o exposto, esse trabalho tem como objetivo geral comparar a efetividade de estratégias estática e dinâmica de *hedge* aplicadas ao mercado futuro de café arábica no Brasil. Especificamente pretendeu-se: (a) encontrar razões de *hedge*; (b) identificar reduções de variabilidade em comparação à volatilidade do mercado à vista desse produto; (c) comparar a efetividade de redução de riscos nas estratégias de *hedge*.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A minimização dos riscos de atuação em mercados futuros é dada pela seguinte formulação:

$$h^*_{t-1} = \frac{\sigma_{\Delta p_t, \Delta f_t} | I_{t-1}}{\sigma_{\Delta f_t}^2 | I_{t-1}} \quad (1)$$

Em que h_{t-1} é a razão de *hedge* que minimiza a variabilidade da riqueza em $t-1$; $\sigma_{\Delta p_t, \Delta f_t}$, a covariância entre a diferença dos preços futuros e à vista; $\sigma_{\Delta f_t}^2$, a variância da diferença dos preços futuros; e I_{t-1} , é conteúdo informacional que afeta a variabilidade.

Análise de efetividade das estratégias estática e dinâmica de *hedge*, proposta neste trabalho, baseou-se em quatro estratégias. As duas primeiras são a estratégia de não atuação em mercados futuros ($h=0$), bastante comum na realidade brasileira; e a estratégias de cobertura completa, em que o *hedger* adquire contratos futuros na mesma proporção de sua comercialização física ($h=1$).

Outras duas estratégias foram obtidas a partir de modelos econométricos. A primeira estratégia é a estática e considera como conteúdo informacional, efeitos sobre médias, dados pelos retornos passados, e pela relação de co-integração. Essa estratégia foi obtida com uso do modelo Vetorial de Correção de Erro (VEC) (MYERS e THOMPSON, 1989; GOSH, 1993). O cálculo foi dado por:

$$\Gamma_t = \alpha \beta' \ln(p_{t-1}) + A + \sum_{i=1}^k B_i \Gamma_{t-i+1} + U_t \quad (4)$$

A estimação não apresenta explicitamente a estratégia de *hedge*. Para tal, tornou-se necessário o seu cálculo a partir da matriz de variância e covariância do modelo:

$$\Sigma_U = \begin{bmatrix} \sigma_s^2 & \sigma_{sf} \\ \sigma_{fs} & \sigma_f^2 \end{bmatrix}, \quad \forall, \sigma_{sf} = \sigma_{fs}$$

obtendo-se,



$$h_{t-1} = \frac{\sigma_{fs}}{\sigma_f^2} \quad (6)$$

A outra é a estratégia dinâmica, em que as posições tomadas são ajustadas na medida que a covariância entre preços futuros e à vista e a variabilidade dos preços futuros é alterada. Para essa estimação utilizou-se o modelo BEKK da família dos modelos Generalizados Auto-Regressivos de Heterocedasticidade Condicional Multivariados (M-GARCH). Testou-se algumas pressuposições como o BEKK *full* e diagonal, e com inovações seguindo a distribuição Normal ou *t*-padronizada (ENGLE; KRONER, 1995; ENGLE; SHEPARD, 2001; HERWARTZ, 2004). Diante de todas essas pressuposições, escolheu-se aquela que melhor modelou volatilidade condicional.

A estratégia dinâmica foi dada por:

$$H_t = C'C + \sum_{p=1}^P A'_{t-p} \varepsilon_{f,t-p} \varepsilon'_{s,t-p} A_{t-p} + \sum_{q=1}^Q B'_{t-q,k} H_{t-q} B_{t-q} \quad (8)$$

em que H_t é a matriz de variância e covariância que se altera ao longo do tempo, conforme a volatilidade condicional; C , a matriz de constantes, cujo $C'C$ forma uma matriz triangular inferior; A_{t-p} e B_{t-q} são matrizes 2×2 de coeficientes estimados; $\varepsilon_{f,t}$ e $\varepsilon_{s,t}$ são os resíduos da pré-filtragem de um modelo de médias condicionais.

A exemplo de estimações de heterocedasticidade condicional univariadas, o método de estimação proposto é a máxima verossimilhança (MV), cuja pressuposição é a distribuição Normal das inovações ξ_t , considerando $\xi_t = \varepsilon_t' H_t^{-1} \varepsilon_t$ (equação 9):

$$L_T(\theta) = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \log |H_t| - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \varepsilon_t' H_t^{-1} \varepsilon_t \quad (9)$$

em que $L_T(\theta)$ é a função log-likelihood.

Quanto a esse método de estimação, Herwartz (2004) salientou que a pressuposição de as inovações serem normalmente distribuídas é tida de forma *ad hoc* na literatura, e poucas vezes o comportamento é comprovado estatisticamente. Nessa circunstância, a estimação por MV estaria mal especificada. De acordo com Bauwens et al. (2004) uma forma de se contornar esse problema é a maximização do $L(\theta)$ por MV, considerando que as inovações seguissem a distribuição *t* padronizada.

Para tal é necessário estimar mais um valor escalar denominado ν , que ajusta o comportamento empírico das inovações de acordo com a equação 10.



$$g(\xi_t | \theta, \nu) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu + N}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right) [\pi(\nu - 2)]^{N/2}} \left[1 + \frac{\xi_t' \xi_t}{\nu - 2}\right]^{-\frac{N + \nu}{2}} \quad (10)$$

em que $g(\cdot)$ é a função densidade; θ é o valor não observado que condiciona temporalmente a média e variância; e Γ é a função gama.

Segundo Fiorentini et al. (2003), quando $\nu \rightarrow \infty$, a função densidade de Student tende para a densidade Normal, e para o segundo momento ser interpretável, $\nu > 2$.

Com a finalidade de atender a análise de efetividade das estratégias de *hedge*, os dados de preços diários à vista de café arábica para o Brasil e os seus respectivos valores negociados em mercados futuros foram transformadas em médias semanais e, por conseguinte, logaritmizadas.

As séries dos logaritmos dos preços à vista e futuros de café arábica foram temporalmente organizadas, considerando três meses para o fechamento de cada contrato futuro. Foram incluídas as observações do mês de fechamento do contrato futuro mais dois meses que antecedem o encerramento de suas negociações. Uma vez encerrado um contrato, a série teve continuidade a partir do contrato subsequente.

A análise de efetividade de *hedge* baseou-se na competição entre as estratégias, cuja comparação teve como base a proporção de redução de riscos quando comparados com a variabilidade dos preços no mercado à vista. Para tal, foram testadas as efetividades de estratégias com uso dos cinco contratos futuros negociados em 2005 (dentro da amostra), e com os cinco contratos negociados no ano de 2006 (fora da amostra).

O indicador de efetividade da estratégia (redução de riscos) foi dado pela seguinte expressão:

$$RR = \frac{\sigma_s - \sigma_{h,i}}{\sigma_s} \quad (11)$$

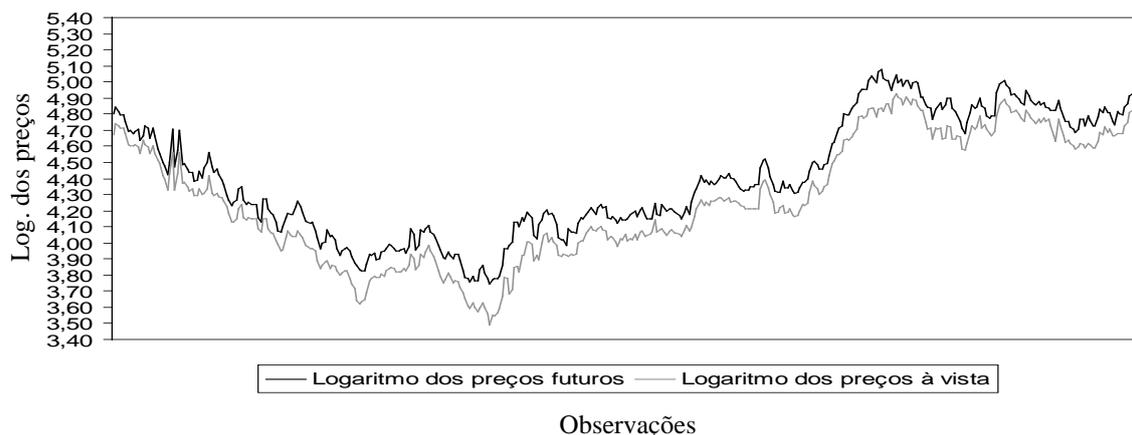
em que RR é a redução de riscos; σ_s é o desvio-padrão do mercado à vista; $\sigma_{h,i}$ é o desvio-padrão da estratégia de *hedge* tomada (h), como base em cada uma das estratégias.

Foi utilizado os *software* Eviews 5.1 para a estimação da estratégia estática, e para a estratégia dinâmica, fez-se uso do *software* Matlab 7, com uso de rotinas desenvolvidas por Engle e Sheppard (2006).

Os dados para esse trabalho foram: o índice de preços que representa os valores negociados à vista de café arábica para o Brasil, disponibilizada pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ); a Bolsa de Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&F), que disponibiliza os preços dos contratos futuros negociados através do Sistema de Recuperação de Dados; e a Taxa de Câmbio (R\$/US\$) comercial para compra da Gazeta Mercantil, disponível na base de dados IPEADATA (2006), com a finalidade de dolarizar os preços avista uma vez que os preços futuros são cotados em dólar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a evolução do logaritmo dos preços à vista e futuros de café arábica.



Fonte: CEPEA e BM&F.

Figura 1 – Logaritmo da média semanal dos preços futuros e à vista de café arábica entre 2000 e 2006.

Pela Figura 1, observa-se que ambos os preços descrevem trajetórias semelhantes, e os preços futuros são sempre superiores aos preços negociados no mercado à vista³. No início do período, estes apresentam uma tendência de queda até o ponto em que, no mercado à vista e futuro, os preços têm seus valores mínimos, o que representa, em nível, US\$ 32,83 e US\$ 42,26 por saca respectivamente. A partir desse ponto, os preços passam a ter tendência crescente, seguida de variações no final do período. Tal movimento indica a possibilidade de ocorrência de co-movimentação dos preços.

Os retornos (primeira diferença do logaritmo dos preços) estão apresentados na Figura 2. Os retornos dos preços ressaltam características voláteis, e como pode ser observado na Figura 2, há possibilidade de condições heterocedásticas, uma vez que há momentos em que a variabilidade é maior – início e meio das séries –, seguido de momentos de menor intensidade.

³ A título de simplificação, denominou-se o logaritmo dos preços apenas como preços.

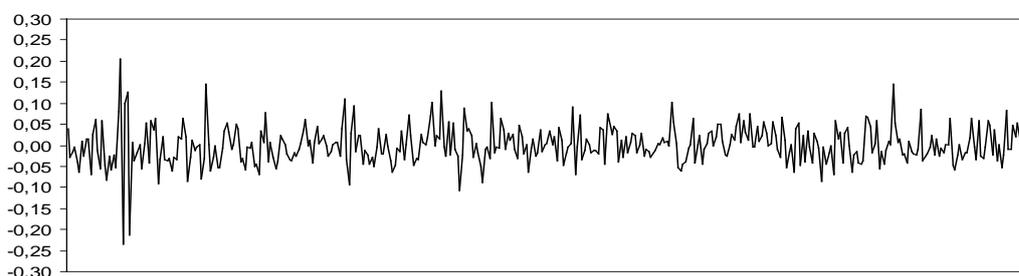


Figura A – Contratos Futuros

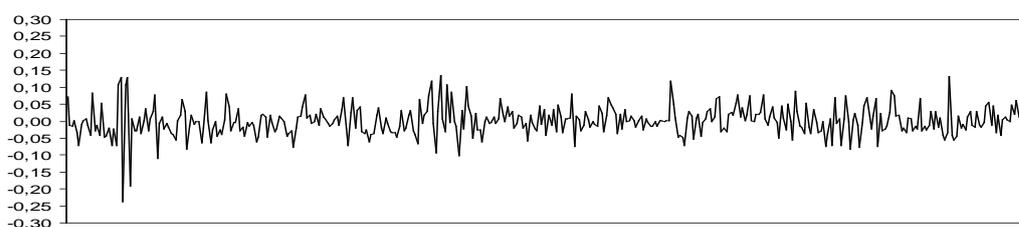


Figura B – Preços à vista

Fonte: CEPEA e BM&F.

Figura 2 – Variações percentuais dos preços de café arábica futuros (A) e à vista (B) entre 2000 e 2006.

Conforme já mencionado, o modelo VEC a partir da qual foi estimada a estratégia estática, só é aplicado em séries I(1). Portanto, o primeiro passo, é a realização de teste de raiz unitárias sobre o logaritmo dos preços à vista e futuros, bem como sobre seus retornos. Os testes realizados foram o de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) e de Phillips-Perron (PP), a partir dos quais não se pôde rejeitar a hipótese nula de presença de raiz unitária para o logaritmo dos preços à vista e futuros de café arábica, sendo, portanto, não-estacionárias. Quanto aos retornos, os testes indicam a rejeição da hipótese nula, ou seja, os retornos dos preços são estacionários.

Antes disso, fez-se necessário identificar a ordem do modelo VAR dos preços à vista e futuros, o que foi dado pelos critérios de Akaike, Schwarz e Hanna-Quinn, os quais indicaram que o modelo deveria ter 4 defasagens. Uma vez definida a ordem do modelo VAR, foram procedidos os testes do traço da matriz e de máximo autovalor, considerando como termo determinístico apenas o intercepto. A não-inclusão da tendência deriva de os testes apontarem para sua não-significância estatística.

Os resultados dos testes são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Teste de traço (λ_{tr}) e de máximo autovalor ($\lambda_{máx}$) para o número de vetores co-integrantes do modelo VAR(4)

Número de vetores de co-integração	Teste do traço da matriz			
	Raiz característica	λ_{tr}	Valor crítico (5%)	P-valor
=0	0,085609	33,30032	15,49471	0,0000



Número de vetores de co-integração	Teste do máximo autovalor			
	Raiz característica	$\lambda_{máx}$	Valor crítico (5%)	P-valor
≤ 1	0,004297	1,528781	3,841466	0,2163
$=0$	0,085609	31,77154	14,2646	0,0000
≤ 1	0,004297	1,528781	3,841466	0,2163

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com o teste do traço da matriz e do máximo autovalor, rejeita-se a hipótese nula de não haver nenhum vetor de co-integração, contra a hipótese alternativa de existir pelo menos um vetor co-integrante a 1% de significância estatística. Por outro lado, não se pode rejeitar a hipótese nula de que haja pelo menos um vetor de co-integração. Assim, concluiu-se que há um vetor de co-integração.

Pode-se afirmar, portanto, que os preços futuros de café arábica co-movimentam com os preços à vista no longo prazo e essa movimentação afeta as variações percentuais dos preços no curto prazo, corrigindo-os em direção ao longo prazo.

Estimou-se o modelo VEC (3) com a inclusão do mecanismo de correção de erro (Tabela 3). A redução de ordem do modelo VAR para o VEC é necessária, uma vez que as propriedades estocásticas da 4.^a defasagem do modelo em nível estão incluídas na 3.^a da primeira diferença.

De forma geral, o modelo apresentou 11 parâmetros significativos estatisticamente em até 10%, representando 64,71% do total de coeficientes estimados. Quanto ao vetor de co-integração, a significância estatística entre os preços futuros e à vista foi de 1%.

De acordo com o vetor de co-integração constante na Tabela 3, no longo prazo a elevação de 1% do preço à vista reflete em uma elevação em 0,9614% nos preços futuros, ou seja, uma relação direta e relativamente inelástica, embora as variações nos preços estejam muito próximas umas das outras.

Tabela 3 – Modelo VEC (3) estimado para estratégia estática de *hedge*, matriz de variância e covariância e razão de *hedge*

Vetor de co-integração					
	Lf_t	Constante	Ls_t		
	1,0000	-0,30072	-0,96139		
			[-60,6517]		
Modelo VEC estimado					
	Rf_t	Rs_t		Rf_t	Rs_t
u_{t-1}	-0,05296 [-0,71194]	0,152497 [2,13184]	Constante	0,030544 [0,87167]	-0,0295 [-0,88192]
Rf_{t-1}	0,870968 [7,92654]	0,114954 [1,09582]	Rs_{t-1}	0,170822 [1,48534]	0,848364 [7,72681]
Rf_{t-2}	0,259846 [1,89927]	0,251659 [1,92671]	Rs_{t-2}	-0,48536 [-3,45041]	-0,3792 [-2,82362]
Rf_{t-3}	-0,12884 [-1,17731]	-0,17238 [-1,64991]	Rs_{t-3}	0,305204 [2,73183]	0,337188 [3,16134]



Estatísticas		
Determinante da covariância dos resíduos	0,000001	
Log likelihood	1486,29	
AIC	-8,272047	
SBC	-8,075714	
Matriz de variância e covariância		
	Rf_t	Rs_t
Rf_t	0,001944	0,001633
Rs_t	0,001633	0,001797
Razão de <i>hedge</i>		
	$h^*=0,83987$	

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: [] estatística *t*.

No tocante posição a ser tomada pelo *hedger*, tem-se que a estratégia para minimizar os riscos oriundos do mercado físico é manter uma proporção de 83,99% em relação a sua comercialização física de café arábica, durante o período de cobertura.

Para se calcular a estratégia dinâmica de *hedge*, primeiro identificou-se a presença de volatilidade condicional, e, por conseguinte procurou-se identificar o modelo que melhor representa essa volatilidade. Por fim, tendo as variâncias dos preços futuros e covariâncias entre os preços à vista e futuros, calculou-se a estratégia de *hedge* em cada observação. Para tal, foi realizado o teste LM de heterocedasticidade de Engle (1982), apresentado na Tabela 4.

De modo geral, rejeita-se a hipótese nula de homocedasticidade a 1% de significância estatística, considerando até 5 defasagens na equação de teste, em outras palavras, o teste indica a presença de volatilidade condicional para ambas as séries.

Tabela 4 – Teste LM de Engle (1892) para heterocedasticidade

Defasagens	Futuros		À vista	
	Estatística F	P-valor	Estatística F	P-valor
1	45,1431	0,000000	27,1120	0,000000
2	26,0304	0,000000	18,5987	0,000000
3	18,8689	0,000000	18,4127	0,000000
4	14,3714	0,000000	14,8305	0,000000
5	11,4222	0,000000	11,9635	0,000000

Fonte: Dados da pesquisa.

Essa confirmação está de acordo com o que se esperava, uma vez que a presença de volatilidade condicional é comum em séries financeiras. A etapa seguinte foi definir a sua melhor modelagem. Utilizou-se o modelo BEKK sob as pressuposições indicadas no referencial teórico. Definiu-se o modelo mais bem ajustado a partir do uso dos critérios de informação de Akaike (AIC), Schwartz (SBC) e Hanna-Quin (HQC) (Tabela 5).



Tabela 5 – Critérios AIC, SBC, HQC e log-likelihood para os modelos de volatilidade condicional estimados

Modelo (BEKK)		Critérios de Decisão			
Nome	Distribuição dos resíduos padronizados	AIC	SBC	HQC	Log-likelihood
BEKK (2,2)	Normal	-8,3314	-8,4054	-8,4185	1497,8280
BEKK (1,1)	Normal	-8,4696	-8,4985	-8,5117	1514,3605
Diagonal BEKK (1,1)	Normal	-8,4638	-8,4702	-8,4833	1509,3285
BEKK (2,2)	<i>t</i> de Student	-8,4429	-8,5225	-8,5356	1518,6132
BEKK (1,1)	<i>t</i> de Student	-8,4897*	-8,5242*	-8,5374*	1518,9225
Diagonal BEKK (1,1)	<i>t</i> de Student	-8,5658	-8,5778	-8,5909	1528,4261

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: (*) modelo que minimiza o critério de seleção

Como pode ser observado, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o modelo BEKK (1,1) com distribuição dos resíduos *t* de Student, e com a matriz de coeficientes diagonal, ou seja, considerando nulo os coeficientes fora dessa diagonal.

A Tabela 6 apresenta o modelo estimado, bem como o teste LM sobre os resíduos padronizados para identificação se há volatilidade condicional remanescente.

O modelo tem oito parâmetros estimados e todos foram significativos ao nível de 1%. O coeficiente $\nu=5,75$ foi maior que 2, conforme esperado, ou seja, a volatilidade condicional está presente, bem como indica que a distribuição dos resíduos não é Normal, uma vez que para isso $\nu \rightarrow \infty$, o que não foi comprovado pela estimação.

Tabela 6 – Modelos diagonal BEKK-t (1,1) estimado e teste LM para heterocedasticidade sobre as suas inovações

Diagonal BEKK-t (1,1)				
c_{11}	0,02555 ⁽¹⁾		c_{22}	0,02833 ⁽¹⁾
c_{21}	0,02690 ⁽¹⁾		α_{21}	-
α_{11}	0,32811 ⁽¹⁾		α_{22}	0,41864 ⁽¹⁾
α_{12}	-		β_{12}	-
β_{11}	0,41653 ⁽¹⁾		β_{22}	-0,03206 ⁽¹⁾
β_{21}	-			
ν	5,75 ⁽¹⁾			
Teste LM para heterocedasticidade sobre $\varepsilon_{i,t}/h_{i,t}$				
Futuros			À Vista	
Defasagens	Estatística F	p-valor	Estatística F	p-valor
1	0,324213	0,569450	0,875242	0,350150
2	1,112788	0,329801	0,854053	0,426571
3	0,975186	0,404519	0,875242	0,350150

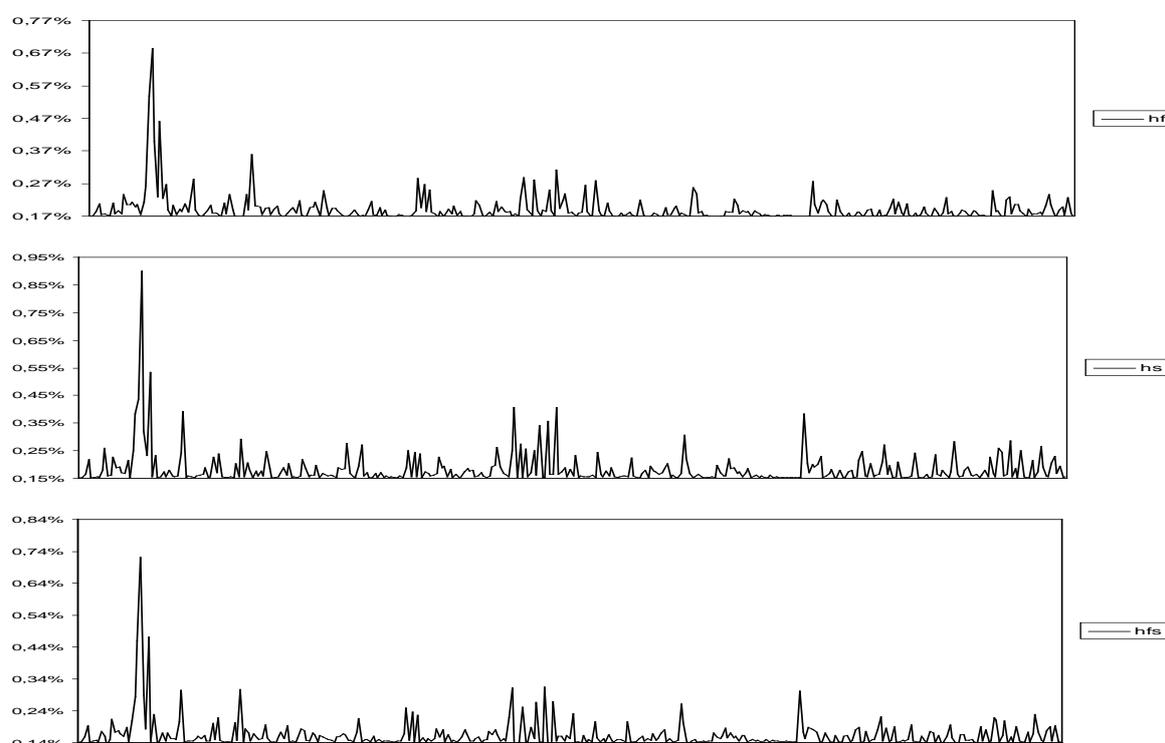


4	1,365007	0,245681	1,025179	0,394180
5	1,092227	0,364370	0,945760	0,945760

Fonte: Dados da pesquisa.

⁽¹⁾ Significativo a 1%.

A Figura 3 apresenta a volatilidade condicional dos mercados à vista e futuros estimados a partir do modelo BEKK-t (1,1). Percebe-se que, de forma geral, a variabilidade dos preços à vista é mais intensa que a dos preços futuros, e a covariância entre ambos reflete bem a proximidade desses preços, o que já era esperado.



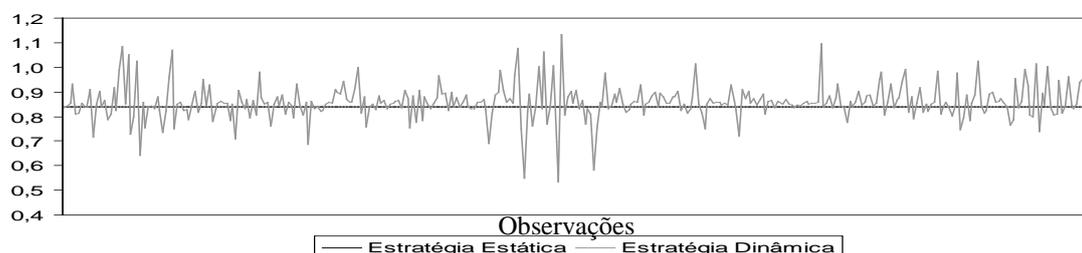
Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 3 – Volatilidade condicional dos preços futuros (h_f), dos preços à vista (h_s) e covariância condicional entre ambos (h_{fs}) para os contratos de maio de 2000 a dezembro de 2005.

A partir desse resultado, foi possível calcular o *hedge* dinâmico, dado pela divisão entre cada observação da covariância entre preços futuros e à vista estimados pela variância dos preços futuros, diferente da estratégia estática, na qual foi baseada na matriz de variância e covariância do modelo VEC (3), e que não altera ao longo do tempo.

A Figura 4 ilustra a diferença entre a estratégia estática e dinâmica dentro da amostra.

Razão de *hedge* (%)



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 4 – Estratégia estática e a estratégia dinâmica de *hedge* para o período entre os anos de 2000 e 2005.

Para a estratégia dinâmica, toda a elevação na razão de *hedge* representa compra de contratos futuros, com vistas à elevação da proporção de contratos futuros em relação à comercialização física, na medida em que a redução significa a venda deles. Caso se compare as Figuras 3 e 4, é possível detectar que no momento em que há forte volatilidade dos preços futuros e à vista, a estratégia dinâmica de *hedge* demonstra ter fortes alterações entre posições compradas e vendidas em futuros.

Outro aspecto interessante a ser ressaltado é que em alguns momentos, a razão de *hedge* supera a unidade, um resultado incomum, porém factível. A interpretação para isso é que, para minimizar os riscos oriundos do mercado físico, o agente precisa comprar contratos futuros de café arábica em proporção superior à comercialização no mercado físico.

A análise de efetividade das estratégias de *hedge* foi dada a partir das médias de reduções de riscos para cada contrato, incluindo as estratégias obtidas a partir do modelo VEC (3) e BEKK-t (1,1), e as estratégias de cobertura completa e não atuação em mercados futuros (Tabela 7).

Tabela 7 – Média dos riscos e retornos, redução de riscos, e *ranking* para os contratos futuros de café arábica com fechamento nos meses de março, maio, julho, setembro e dezembro de 2005

Estratégias	Risco	Retorno	Redução de Riscos (%)	Ranking
Contrato: Março de 2005				
h=0	4,0734	1,6137	0,00	4
h=1	1,9736	-0,2500	51,55	3
h=estática	1,8733	0,0484	54,01	2
h=dinâmica	1,8615	-0,0056	54,30	1
Contrato: Maio de 2005				
h=0	4,2104	0,1817	0,00	4
h=1	2,2175	0,5799	44,25	3
h=estática	2,1254	0,5162	46,56	2
h=dinâmica	2,1027	0,3467	47,14	1
Contrato: Julho de 2005				
h=0	4,1329	-1,7745	0,00	4
h=1	2,0543	-0,0654	50,29	3
h=estática	1,9584	-0,3391	52,61	2



h=dinâmica	1,9465	-0,3446	52,90	1
Contrato: Setembro de 2005				
h=0	4,3831	-0,5165	0,00	4
h=1	2,2187	0,2147	49,38	3
h=estática	2,1580	0,0976	50,76	2
h=dinâmica	2,1200	0,0461	51,63	1
Contrato: Dezembro de 2005				
h=0	4,2691	0,9753	0,00	4
h=1	2,0735	0,0431	50,09	3
h=estática	1,9906	0,1924	51,98	2
h=dinâmica	1,9743	0,2187	52,35	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Pela Tabela 7, vê-se que qualquer estratégia de atuação em mercados futuros foi capaz de reduzir riscos oriundos do mercado físico de café arábica, ou seja, na média, atuar exclusivamente no mercado físico, sem tomar posição em mercados futuros, foi responsável pelos mais elevados níveis de riscos.

Embora tenha sido proposto medir efetividade em termos de redução de riscos, não se pode deixar de observar a relação entre risco e retorno. Essa relação invoca o conceito de prêmio ao risco, o qual reza que um agente econômico racional apenas assumiria riscos maiores se ocorresse elevação de seu retorno esperado.

Sob esse aspecto, pode-se observar, na Tabela 7, que a relação é preservada para as estratégias estática e dinâmica estimadas. As posições tomadas foram capazes de reduzir riscos oriundos do mercado físico de café arábica, tendo como consequência natural a redução dos retornos. Todavia, o agente que negociou café arábica no ano de 2005, sem atuar em mercados futuros, foi o que teve menores retornos associados aos maiores riscos para os contratos de maio, julho e setembro, o que contraria o conceito de prêmio ao risco, e donde foi possível concluir que o agente que, deliberadamente, não atuou em mercados futuros, tendo como finalidade elevar obter retornos maiores, porém com grau de risco mais elevado, não realizou uma boa estratégia.

Embora haja fortes evidências de irracionalidade na estratégia de não atuação em mercados futuros, deve-se ponderar a necessidade de recursos para atuação em mercados futuros, que, associados à baixa escala de comercialização de alguns agentes, podem inviabilizar a atuação.

Da mesma forma, a cobertura completa tem os menores retornos para os contratos com encerramento em março e dezembro. Nesses contratos, uma progressiva redução da proporção de contratos futuros em relação a comercialização física – de cobertura completa para uma proporção $h < 1$ – seria capaz de elevar os retornos e reduzir os riscos. Por outro lado, nos contratos de maio, julho e setembro, houve os mais elevados retornos, quando comparados com as demais estratégias. De forma geral, a instabilidade nas relações de risco e retorno torna essa estratégia desaconselhável, pelo menos dentro do período em análise.

Quanto à estratégia dinâmica de *hedge*, esta foi mais efetiva em redução de riscos, para o mercado de café arábica, em comparação com as demais para todos os contratos de 2005. Todavia, a sua superioridade foi bastante reduzida. Principalmente, quando comparada com a estratégia estática. Nesse caso, superioridade não foi maior que 1p.p. para qualquer um



dos contratos de 2005. Esse resultado está de acordo com Myers (1991), Lien e Luo (1994), e contraria Park e Switzer (1994), Yang (2001), Engle (2002), entre outros.

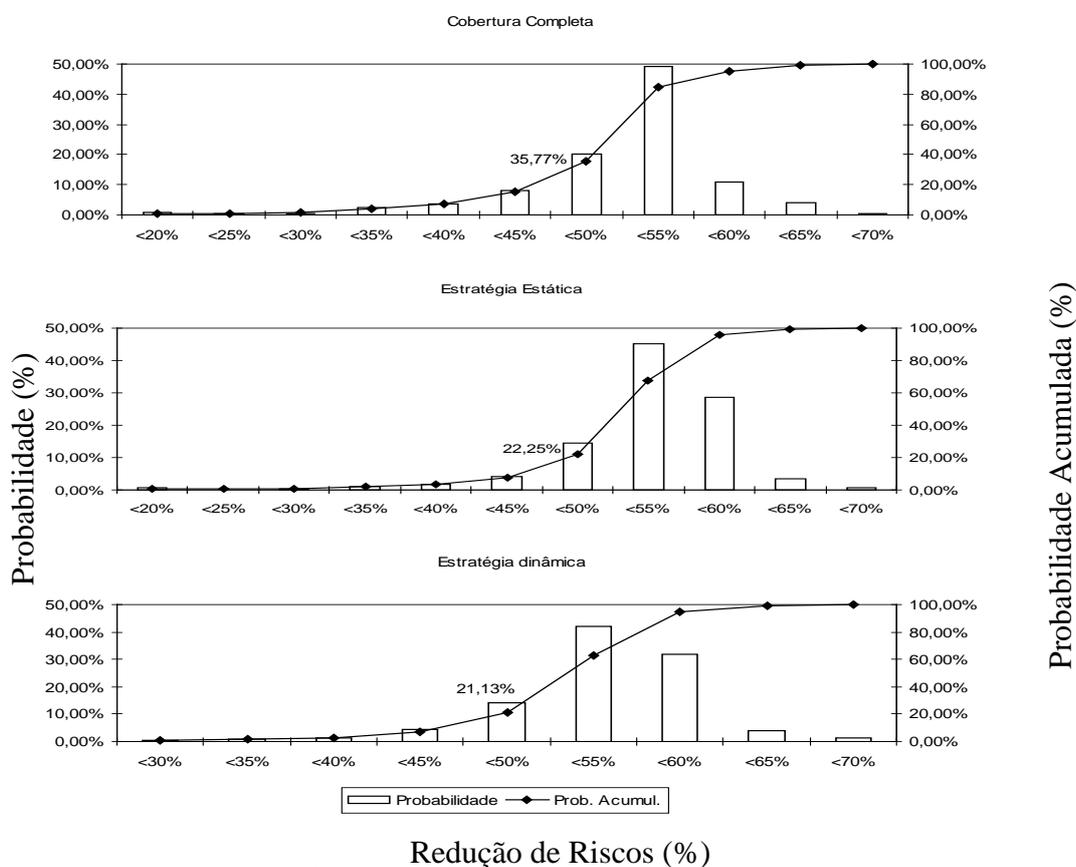
Isso significa que, embora haja presença de heterocedasticidade condicional na variabilidade dos retornos dos preços à vista e futuros de café arábica, a estratégia que leva esse efeito em consideração foi responsável por provimento pouco significativo em efetividade de redução de riscos. Além disso, deve-se considerar a maior oneração por se transacionar constantemente em mercados futuros, bem como os custos de obtenção desse tipo de informação.

Os resultados apresentados na Tabela 7 são baseados em médias de riscos e retornos de cada contrato futuro. Sabe-se, por outro lado, que médias como medidas de tendência central muitas vezes não são suficientes para diagnosticar um resultado, o que torna necessário analisar a dispersão em torno dessa média.

Com esse objetivo, foram construídas distribuições empíricas de probabilidade de redução de riscos com estratos de 5%, baseadas nos resultados obtidos a partir da estimação dos modelos econométricos e do cálculo da equação 11. Esse resultado é apresentado na Figura 5.

As barras representam distribuição empírica de probabilidade de ocorrência de redução de riscos para cada uma das estratégias, enquanto que as linhas, a distribuição acumulada. Os valores percentuais apresentados dentro de cada gráfico da Figura 5 representam as distribuições acumuladas para o estrato <50%.

De acordo com a Figura 5, a moda da distribuição de probabilidade (barras) aponta que solução mais provável de redução de riscos oriundos da comercialização física de café arábica, para todas as estratégias de *hedge* esteja entre 50% e 55%.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 5 – Distribuição de freqüência de redução de riscos das estratégias de *hedge* dentro da amostra.

A distribuição de freqüência acumulada, por sua vez, é bastante utilizada em análises de riscos. Quando se define um ponto da distribuição acumulada, tem-se o limiar entre duas ocorrências probabilísticas, o qual serve de parâmetro para a decisão.

De acordo com os resultados, a estratégia de cobertura completa é que teve maiores riscos, ou menor redução de riscos. Dentro do período, a probabilidade de redução de riscos dessa estratégia ser inferior a 50% foi de 35,77%, na medida em que a estratégia estática teve a probabilidade de 22,25%, um ganho em 13,52 p.p., bastante representativo.

Para a estratégia dinâmica, a probabilidade dessa ter reduções de riscos menor que 50% foi de 21,13%, portanto, a mais efetiva, embora a diferença mais uma vez não foi muito distante da estratégia estática.

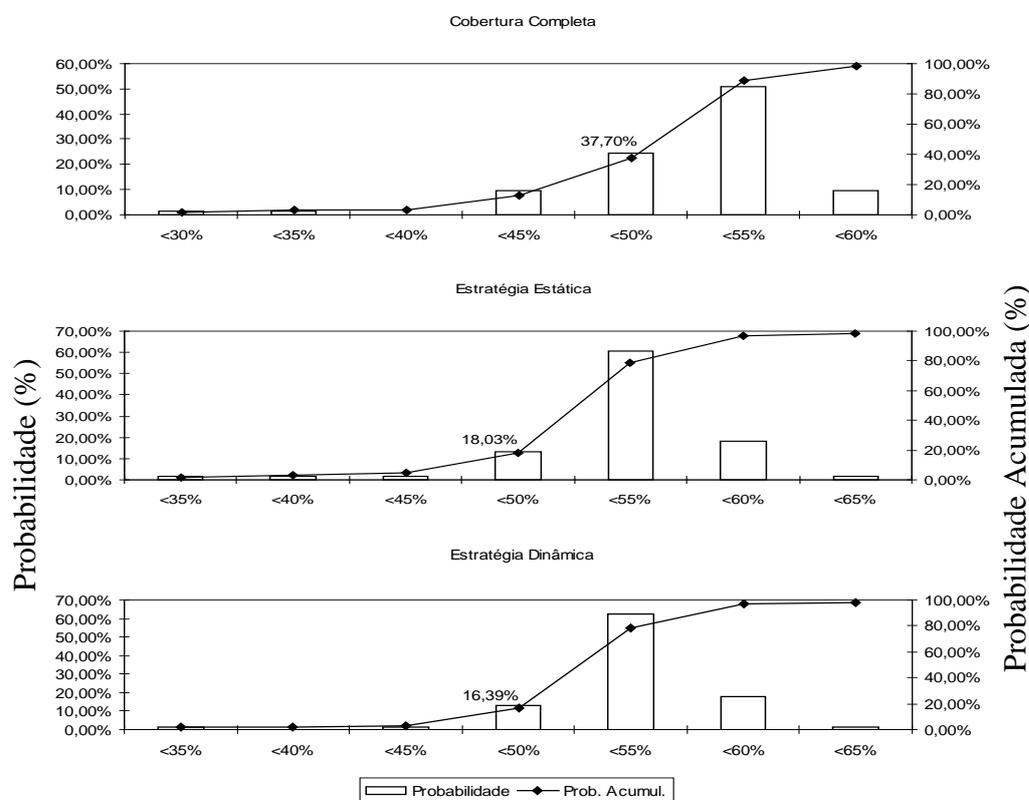
Por fim, a Tabela 8 e a Figura 6 apresentam os resultados para dados fora da amostra. Realizar os cálculos com dados fora da amostra tem importância por ser este um meio pelo qual pode se verificar a robustez das estimações, através da análise da estabilidade dos resultados dentro da amostra, quando confrontados com ocorrências não inclusas.



Tabela 8 – Média dos riscos e retornos, redução de riscos, e *ranking* para os contratos futuros de café arábica com fechamento nos meses de março, maio, julho, setembro e dezembro de 2006

Estratégias	Risco	Retorno	Redução de Riscos (%)	Ranking
Contrato: Março de 2006				
h=0	4,0587	0,5189		4
h=1	1,9641	-0,0837	51,6080	3
h=estática	1,8586	0,0127	54,2061	2
h=dinâmica	1,8565	0,0111	54,2588	1
Contrato: Maio de 2006				
h=0	4,3738	-0,9343		4
h=1	2,2839	-0,6302	47,7820	3
h=estática	2,2269	-0,6790	49,0842	2
h=dinâmica	2,1868	-0,6070	50,0017	1
Contrato: Julho de 2006				
h=0	4,1077	-0,3577		4
h=1	2,0139	0,3973	50,9739	3
h=estática	1,8962	0,2762	53,8371	2
h=dinâmica	1,8900	0,3098	53,9882	1
Contrato: Setembro de 2006				
h=0	4,1064	0,6162		4
h=1	2,0947	0,5817	48,9885	3
h=estática	1,9687	0,5872	52,0566	2
h=dinâmica	1,9478	0,6300	52,5668	1
Contrato: Dezembro de 2006				
h=0	4,0607	1,9745		4
h=1	1,9644	-0,0612	51,0498	3
h=estática	1,8892	0,2653	52,8796	2
h=dinâmica	1,8794	0,1331	53,1191	1

Fonte: Dados da pesquisa.



Fonte: Dados da pesquisa.

Redução de Riscos (%)

Figura 4 – Distribuição de freqüência de redução de riscos das estratégias de *hedge* fora da amostra.

Sob esse aspecto, a análise de efetividade de estratégias de *hedge* para o mercado de café arábica brasileiro corrobora as principais conclusões tidas na análise dentro da amostra. Isto é, a baixa superioridade da estratégia dinâmica frente à estática, bem como as estratégias de cobertura completa e não atuação em mercados futuros estarem comprometidas no que se refere à relação entre risco e retorno.

5. CONCLUSÃO

A análise de efetividade das estratégias de *hedge* para o mercado de café arábica brasileiro teve como base quatro estratégias: cobertura completa; não atuação em mercados futuros; estratégia estática com base no conteúdo informacional, dado pelos retornos passados dos preços futuros e à vista de café arábica, bem como as relações de co-integração no longo prazo; e a estratégia dinâmica, que inclui os efeitos de informações sobre a volatilidade.

Os resultados indicaram que a estratégia mais efetiva em redução de riscos é a dinâmica, seguida pela estática estimada, e cobertura completa. No entanto, a diferença entre a estática estimada e a dinâmica foi pequena, e esse resultado demonstra que a primeira pode



ser uma aproximação aceitável para redução de riscos, embora se reconheça a presença de efeitos heterocedásticos.

De forma geral, a decisão sobre a forma de atuação deve levar em consideração as características do agente. Um industrial de grande porte pode ter maior efetividade, em redução de riscos com a estratégia dinâmica, devido ao seu volume de comercialização do produto, na medida em que para o médio produtor, a atuação estática pode ser mais interessante, dados os custos de negociação em mercados futuros.

O reconhecimento do pouco uso de mercados futuros, principalmente por parte de produtores de café arábica, demonstra que estes têm assumidos riscos maiores quando comparados com qualquer tipo de atuação em mercados futuros. É certo que uma parcela de produtores não tem escala para contratação em futuros; no entanto, uma outra pode estar assumindo riscos desnecessários, com possibilidades de maiores riscos associados a menores retornos, uma situação indesejável.

6. REFERÊNCIAS

AGUIAR, D.R.D. Mercados futuros e a gestão do risco no agronegócio brasileiro. In: SANTOS, M.L.; VIEIRA, W.C. (eds.). **Agricultura brasileira na virada do milênio: velhos e novos desafios**. Viçosa: UFV, 2000.

BARROS, A.M.; AGUIAR, D.R.D. Gestão do risco de preços de café arábica: uma análise por meio do comportamento da base. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 443-467, 2005.

BAUWENS, L.; LAURENT, S.; ROMBOUTS, J.V.K. **Multivariate GARCH models: a survey**. Louvain: Université Catholique de Louvain, 2004. (Core discussion paper).

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

BOLLERSLEV, T.; ENGLE, R.F.; WOOLDRIDGE, J.M. A capital asset pricing model with varying covariances. **Journal of Political Economy**, v. 96, n. 1, p. 116-131, 1988.

BOLSA DE MERCADORIAS E FUTUROS – BM&F. **Bolsa de Mercadorias, Valores e Futuros de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.bmf.com.br>>. Acesso em: 20 out. 2006.

BRESSAN, A.A.; LIMA, J.E. Modelos de previsão de preços aplicados aos contratos futuros de boi gordo na BM&F. **Nova Economia**, v. 12, n. 1, p. 117-140, 2002.

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

ENGLE, R.F. Autoregressive conditional heterokedasticity with estimates of the variance of Unit Kingdom inflation. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 987-1007, 1982.



ENGLE, R.F.; KRONER, F.K. Multivariate simultaneous generalized ARCH. **Econometric Theory**, v. 11, n.1, p. 122-150, 1995.

ENGLE, R.; SHEPPARD, K. **Theoretical and empirical proprieties of dynamic conditional correlation multivariate garch**. Working paper n. 8554. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2001. Disponível em <http://www.nber.org/papers/8544>. Acesso em 15 de março de 2006.

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

FIORENTINI, G.; SENTANA, E.; CALZOLARI, G. Maximum likelihood estimation and inference in multivariate conditionally heterokedastic dynamic regression models with Student t innovations. **Journal of Business and Economic Statistics**, v. 21, n. 4, p. 532-546, 2003.

GHOSH, A. The hedging effectiveness of ECU futures contracts: estimation and forecasting with error correction model. **Journal of Future Markets**, v. 13, n. 7, p. 743-752, 1993.

HERWARTZ, H. Conditional heteroskedasticity. In: LÜTKEPOHL, H.; KRÄTZIG, M. **Applied time series econometrics**. New York: Cambridge University Press, 2004. cap. 5, p. 197-221.

HULL, J. **Introdução aos mercados futuros e de opções**. 2.ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 1996. 448 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS APLICADAS – IPEADATA. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 20 nov. 2006.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION – IOC. Disponível em: <<http://www.ioc.org>>. Acesso em: 20 nov. 2006.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegrating vectors. **Journal of Economics Dynamics and Control**, v. 12, n. 2, p. 231-254, 1988.

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

MARQUES, P.V.; MELLO, P.C. **Mercados futuros de commodities agropecuárias: exemplos e aplicações para os mercados brasileiros**. São Paulo: BM&F, 1999. 208 p.



MARTINS, C.M.F. **A volatilidade nos preços futuros do café brasileiro e seus principais elementos causadores.** 2005. 154 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MYERS, R.J.; THOMPSON, S.R. Generalized optimal hedge ratio estimation. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 71, n. 4, p. 858-867, 1989.

PACHECO, F.B.P. **Análise das operações de hedging em mercados futuros: o caso do café arábica no Brasil.** 2000. 79 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

PARK, T.H.; SWITZER, L.N. Bivariate GARCH estimation of the optimal hedge ratios of stock index futures: a note. **Journal of Futures Markets**, v. 15, n. 1, p. 61-67, 1995.

PINTO, W.J. **Relação de preços e hedging no mercado de café.** 2001. 65 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

REZENDE, A.M.; ROSADO, P.L.P. Informação no mercado de café. In: ZAMBULIN, L. **Produção integrada de café.** Viçosa: UFV, 2003.

SAES, M.S.; NAKAZONE, D. **Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil: impactos das zonas de livre comércio.** Cadeia: Café. Campinas: UNICAMP, 2002.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2006.