PUC Minas E&G - REVISTA ECONOMIA E GESTÃO ISSN 1984-6606

ANÁLISE DA VOLATILIDADE DA BASE DO CAFÉ ARÁBICA PARA A MESORREGIÃO DO SUL DE MINAS GERAIS

VOLATILITY BASIS ANALYSIS OF THE ARABICA COFFEE FOR THE SOUTH OF MINAS MESOREGION

Edson Santos Melo
Mestrando pelo Programa de Economia Aplicada do Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa.
edson.melo@ufv.br

Leonardo Bornacki Mattos
Professor Adjunto do Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa.
lbmattos@ufv.br

Submissão: 13/07/2011
Aprovação: 25/08/2012

Resumo

A mesorregião do Sul de Minas é a principal produtora de café arábica no Estado de Minas Gerais e no Brasil. Assim, são vários os *hedgers* que buscam trocar o risco de preço pelo risco de base, operando no mercado futuro. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo geral analisar a volatilidade da base do café arábica por meio dos modelos de heterocedasticidade condicional da família ARCH. Verificou-se que choques na base, sejam eles positivos ou negativos, demoram um tempo considerável para se dissiparem. Também foi verificado que o impacto de notícias desfavoráveis foi maior do que o de notícias favoráveis, elevando, dessa forma, a volatilidade da base. Logo, tendo conhecimento de tais movimentos, os *hedgers* podem antecipar suas posições no mercado futuro como melhor lhes convém e, assim, evitar maiores flutuações em suas receitas.

Palavras-chave: Café Arábica. Mercado Futuro. Sul de Minas Gerais. Modelos ARCH.

Abstract

The southern Minas Gerais mesoregion is the main Arabica coffee producer in the Minas Gerais state and Brazil. Thus, there are many hedgers seeking to exchange price risk by basis risk, operating in the future market. In this context, this paper's objective was to analyze the Arabica coffee basis volatility using the conditional heterocedasticity models of the ARCH family. It was found that basis shocks, whether positive or negative, take considerable time to dissipate. It was also found that bad news' impact predominate over favorable news raising, thus, the basis volatility. Therefore, having knowledge of such movements, hedgers can anticipate their futures positions as best suits them, and hence to avoid major fluctuations in their revenues.

Key-words: Arabica Coffee. Stock Market. South of Minas Gerais. ARCH Models.

1 INTRODUÇÃO

O café é uma cultura economicamente importante para o Estado de Minas Gerais e, em especial, para a mesorregião do Sul de Minas, a qual tem uma grande proporção de sua economia amparada por tal cultura.

Minas Gerais é o maior produtor de café arábica do Brasil, sendo responsável por metade da produção nacional, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2011a) e da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2010). No Estado, destaca-se a mesorregião do Sul de Minas, responsável por aproximadamente 47% da área colhida, 50% da quantidade produzida e 52% do valor produzido em café arábica, segundo dados do IBGE (2011b).

Portanto, é de se esperar que seja grande o número de agentes envolvidos na negociação do café no Sul de Minas, sejam eles produtores, cooperativas, exportadores, armazéns, indústrias de beneficiamento, entre outros. Certamente, o que todos eles têm em comum é a disposição de se precaverem de possíveis oscilações desfavoráveis no preço desta *commodity*. Assim sendo, tem-se, como alternativa, o uso de contratos futuros em operações de *hedge*, por meio dos quais os *traders* procuram reduzir os riscos aos quais estão expostos.

No entanto, como observa Hull (2005), fazer *hedge* não é algo tão simples e envolve questões como o fato de o produto *hedgeado* não corresponder exatamente ao mesmo produto especificado no contrato futuro e, além disso, a incerteza quanto à data mais adequada para abertura e encerramento de uma posição em futuros. Para o autor, tais problemas dão origem ao que se conhece por risco de base, isto é, troca-se o risco de variação de preço ao comercializar o produto exclusivamente no mercado físico pelo risco de variação na base, operando com um contrato futuro.

O conceito de base é definido como sendo a diferença entre o preço do ativo no mercado físico e o preço do ativo no mercado futuro. Segundo Marques, Martines e Mello (2008), a base possui dois componentes principais, que são a diferença entre o preço à vista no local em que o *hedger* se encontra em relação ao ponto de entrega do produto e um segundo componente, caracterizado pelo quanto difere o preço à vista no ponto de entrega do preço negociado em contrato futuro. Para os referidos autores, o primeiro componente justifica-se devido aos custos de transporte, enquanto o segundo decorre dos custos de armazenagem, custos com mão-de-obra, margem de lucro, entre outros.

Segundo Hull (2005), os movimentos nos preços à vista e futuro do ativo influenciam o risco de base, levando à situação favorável ou desfavorável na posição do *hedger*. Isso ocorre devido ao que se conhece por fortalecimento[1] ou enfraquecimento da base[2]. Portanto, segundo Marques, Martines e Mello (2008), a base torna-se um elemento crucial, pois, sem seu pleno conhecimento, torna-se inviável a realização um *hedge* com precisão. Ademais, faz-se necessário ressaltar que as variações na base influenciam a receita do *hedger*, seja ela uma receita derivada de um *hedge* de venda[3] ou de compra[4], dado que é levado em conta, nesse cálculo da receita, o preço à vista e futuro no momento em que se estabelece o *hedge* e o preço à vista e futuro no momento em que este é encerrado.

Algumas pesquisas relacionadas aos mercados futuros no Brasil procuraram analisar o comportamento da base, apesar de o foco maior ainda se concentrar na efetividade[5] do *hedge*. Para o estudo do comportamento da base do café arábica no Estado de Minas Gerais, podem-se destacar os trabalhos de Fontes, Castro Júnior e Azevedo (2003), Barros e Aguiar (2005a), Barros e Aguiar (2005b) e Pavao (2010). Grande parte desses trabalhos restringiu-se a identificar o comportamento da base em um determinado período e avaliar o retorno gerado pela operação de *hedge.* Outros autores utilizaram um foco diferente e usaram modelos de heterocedasticidade condicional para modelagem da volatilidade da base para fins de previsão, como os estudos de Mol et al. (2004) e Mol et al. (2005), e nenhum desses trabalhos concentrou-se na mesorregião do Sul de Minas.

Diante do exposto, têm-se a seguinte questão: como se comporta a volatilidade da base do café arábica na mesorregião do Sul de Minas? A resposta a essa pergunta pode auxiliar a todos os agentes envolvidos na comercialização do café arábica, subsidiando maior número de

[1] Fortalecimento da base: quando o preço à vista sobe mais que o preço futuro.
[2] Enfraquecimento da base: quando o preço futuro sobe mais que o preço à vista.
[3] Matematicamente, a receita esperada de um hedge de venda é: $R^eV = (P`2 – P1) + (F1 – F`2)$, em que P1 e P`2 representa o preços à vista no período 1 e o preço à vista esperado no período 2, respectivamente, e F1 e F`2 o preço futuro no período 1 e o preço futuro esperado no período 2. Mudando a ordem tem-se: $R^eV = (P`2 – F`2) - (P1 – F1)$, que nada mais é do que a base esperada no período 2 menos a base no período 1.
[4] Matematicamente, a receita esperada de um hedge de compra é: $R^eC = (P1 – P`2) + (F`2 – F1)$, em que as variáveis são as mesmas já definidas anteriormente. Novamente, com uma simples modificação algébrica tem-se: $R^eC = (P1 – F1) - (P`2 – F`2)$, que é justamente a base no período 1 menos a base esperada no período 2.
[5] O *hedge* não precisa ser feito para cobrir toda a posição do produtor no mercado à vista. Dependendo do comportamento dos preços, a parcela da posição no mercado à vista pode ser coberta com uma posição menor no mercado futuro, definida pela razão ótima de *hedge*, que nada mais é do que o tamanho da posição no mercado futuro em relação ao mercado físico, capaz de minimizar o risco. Sendo assim, define-se a efetividade do *hedge* como a proporção da variância da receita que pode ser eliminada por meio da adoção de um portfólio utilizando-se a razão ótima de *hedge.* Matematicamente, a efetividade do *hedge* é dada por: $e = 1 - [Var\ (h^*)/Var\ (p)]$ em que: $Var\ (h^*)$ corresponde a variância da receita em um portfólio com *hedge* ótimo e $Var\ (p)$ é a variância da receita em um portfólio sem *hedge.* Portanto, se a variância fosse reduzida a zero ($Var\ (h^*) = 0$), a efetividade do *hedge* seria total ($e = 1$).

informações sobre as oscilações da base do referido produto e, assim, fazendo com que todos os agentes possam ajustar melhor suas posições no mercado futuro.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar a volatilidade da base do café arábica por meio dos modelos de heterocedasticidade condicional da família ARCH para a mesorregião do Sul de Minas. Especificamente, pretende-se: a) avaliar a volatilidade da base do café arábica e a persistência desta, isto é, qual o tempo necessário para que os choques na base se dissipem; b) verificar se choques positivos possuem o mesmo efeito do que choques negativos na volatilidade da base; e c) identificar qual o melhor modelo que representa a volatilidade da base do café arábica para a região em estudo.

2 METODOLOGIA

Como observam Morettin e Toloi (2004), os modelos lineares do tipo ARIMA não são adequados para descrever o comportamento de séries que apresentam variância condicional evoluindo com o tempo. Portanto, torna-se mais indicada a utilização de modelos de heterocedasticidade condicional. Segundo Bueno (2008), a importância que o risco e a incerteza passaram a ter na teoria econômica foi o que motivou o surgimento dos modelos de heterocedasticidade condicional.

Como se deseja modelar a volatilidade da base do café arábica, foi necessário o cálculo do retorno instantâneo desta, de acordo com a equação (1) a seguir:

$$Ret = \ln(V_t) - \ln(V_{t-1}) \quad (1)$$

em que: Ret é o retorno instantâneo, V_t o valor presente da base e V_{t-1} o valor da base defasado em uma unidade.

A seguir, são descritos os modelos utilizados nesse estudo, a saber: modelo ARCH, GARCH, EGARCH e TGARCH.

2.1 Modelo ARCH

Originalmente proposto por Engle (1982), o modelo ARCH tinha por intuito estimar a variância da inflação. Com o passar do tempo, o uso desse modelo foi expandido e estendido a diversas outras aplicações na análise de séries temporais. Segundo Morettin e Toloi (2004), a ideia básica do modelo é que o retorno é não correlacionado serialmente, mas a volatilidade depende dos retornos passados por meio de uma função quadrática.

Simplificadamente, o modelo ARCH (r) pode ser definido como:

$$X_t = \varepsilon_t h_t^{1/2} \quad (2)$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 X^2_{t-1} + \ldots + \alpha_r X^2_{t-r} \quad (3)$$

em que X_t é o retorno da série; h_t expressa a função da variância; ε_t é a sequência de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas (i.i.d) com média zero e variância igual a 1 [$\varepsilon_t \sim N(0,1)$].

De acordo com Morettin e Toloi (2004), os coeficientes α_i devem satisfazer certas condições, dependendo do tipo de imposição que se coloca sobre X_t , sendo que geralmente $\alpha_0 > 0$ e $\alpha_i \geq 0$.

Segundo Morettin (2008), as etapas de construção do modelo consistem, inicialmente, no ajustamento de um modelo ARMA (p,q), a fim de remover a correlação serial, caso essa

venha estar presente na série. Uma vez ajustado um modelo ARMA (p,q) e comprovada a ausência de correlação serial, parte-se para a verificação da presença de heterocedasticidade condicional. Para isso, dispõe-se de dois testes: o teste de Box-Pierce-Ljung e o teste do multiplicador de Lagrange (ML) de Engle (1982). Uma vez comprovada a heterocedasticidade condicional, realiza-se a estimação do modelo, cujos parâmetros são obtidos por meio do método de máxima verossimilhança condicional.

Para verificar a adequação do modelo estimado, como sugere Morettin (2008), deve-se calcular a estatística Q de Ljung-Box. Além disso, pode-se aplicar o teste LM de Engle (1982) sobre os resíduos do modelo estimado para conferir se a heterocedasticidade condicional foi removida deste.

2.2 Modelo GARCH

Quanto ao modelo autorregressivo com heterocedasticidade condicional generalizada – GARCH, pode-se dizer que este se refere a uma extensão do modelo ARCH. Esse modelo foi sugerido por Bollerslev (1986), cuja motivação foi apresentar um modelo mais parcimonioso, isto é, com menor número parâmetros a serem estimados.

Nesse sentido, o mecanismo do modelo GARCH se restringe à inclusão de variâncias passadas na explicação das variâncias futuras. Assim, pode-se definir o modelo GARCH (r,s) da seguinte forma:

$$X_t = \varepsilon_t h_t^{1/2} \quad (4)$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{r} \alpha_i X_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^{s} \beta_j h_{t-j} \quad (5)$$

em que X_t é o retorno da série; h_t expressa a função da variância, ε_t são i.i.d (0,1), $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$, $\beta_j \geq 0$, $\sum_{i=1}^{q}(\alpha_i + \beta_i) < 1$ = max (r,s).

A soma $\alpha_1 + \beta_1$ é conhecida por coeficiente de persistência e tem por finalidade medir a influência dos choques na volatilidade dos retornos. Se esse somatório for próximo de zero, o choque sobre a volatilidade provocará efeitos rápidos, em um curto espaço de tempo. Por outro lado, quanto mais próximo de um for esse resultado, mais lentamente o choque sobre a volatilidade se dissipará. E, por fim, se o coeficiente de persistência for igual ou maior que um, os choques sobre a volatilidade irão persistir por um longo período de tempo.

Segundo Morettin e Toloi (2004), a identificação da ordem de um modelo GARCH é uma tarefa difícil. Recomenda-se começar pelos modelos de ordem mais baixa, como (1,1), (1,2) ou (2,1) e depois selecionar o melhor modelo com base em vários critérios, entre eles, o de Akaike (AIC), Schwarz (SIC), valores de assimetria e curtose, entre outros.

Assim como no modelo ARCH, o GARCH é estimado por meio do método de máxima verossimilhança condicional.

2.3 Modelo EGARCH

Segundo Morettin (2008), tanto o modelo ARCH quanto o modelo GARCH tratam os retornos como sendo simétricos, uma vez que a volatilidade é uma função quadrática destes. Porém, de acordo com o referido autor, a volatilidade pode reagir de forma assimétrica aos retornos, tendendo a ser maior para os retornos negativos. Nesse caso, deve-se fazer uso do modelo EGARCH.

Matematicamente, o modelo EGARCH é especificado pela seguinte equação:

$$\ln(h_t) = w + \beta \ln(h_{t-i}) + \alpha \left| \frac{r_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} \right| + \gamma \frac{r_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} \qquad (6)$$

em que h_t é a função da variância e r_{t-1} é o retorno da série defasado em 1 período; o coeficiente γ é o responsável por ajustar a assimetria dos efeitos. Desse modo, segundo Bueno (2008), se γ = 0, então um choque positivo tem o mesmo efeito na volatilidade que um choque negativo de mesma magnitude, gerando um impacto simétrico. Se γ ≠ 0, os impactos serão assimétricos. Por fim, se γ < 0 significa que os retornos negativos têm maior impacto na volatilidade, espera-se que a volatilidade responda mais rapidamente aos retornos negativos que aos positivos, fato esse conhecido como "efeito alavancagem".

2.4 Modelo TARCH

O modelo TARCH é um caso particular do modelo ARCH não-linear, como destaca Morettin (2008). Assim como no modelo EGARCH, o modelo TARCH também capta as assimetrias presentes nas séries de retornos.

No modelo TARCH, a volatilidade segue a forma funcional:

$$h_t = w + \alpha r_{t-1}^2 + \gamma r_{t-1}^2 d_{t-1} + \beta h_{t-1} \qquad (7)$$

em que h_t é a função da variância e r_{t-1} é o retorno da série defasado em 1 período, d_t é uma variável dummy que assume valor 1 se r_t < 0 (choques negativos) e d_t = 0 caso contrário.

Segundo Morettin (2008), se γ ≠ 0, há um impacto de informações assimétricas. Logo, sob a hipótese de que choques negativos tenham um impacto maior sobre a volatilidade, espera-se que γ > 0.

2.5 Fonte de dados

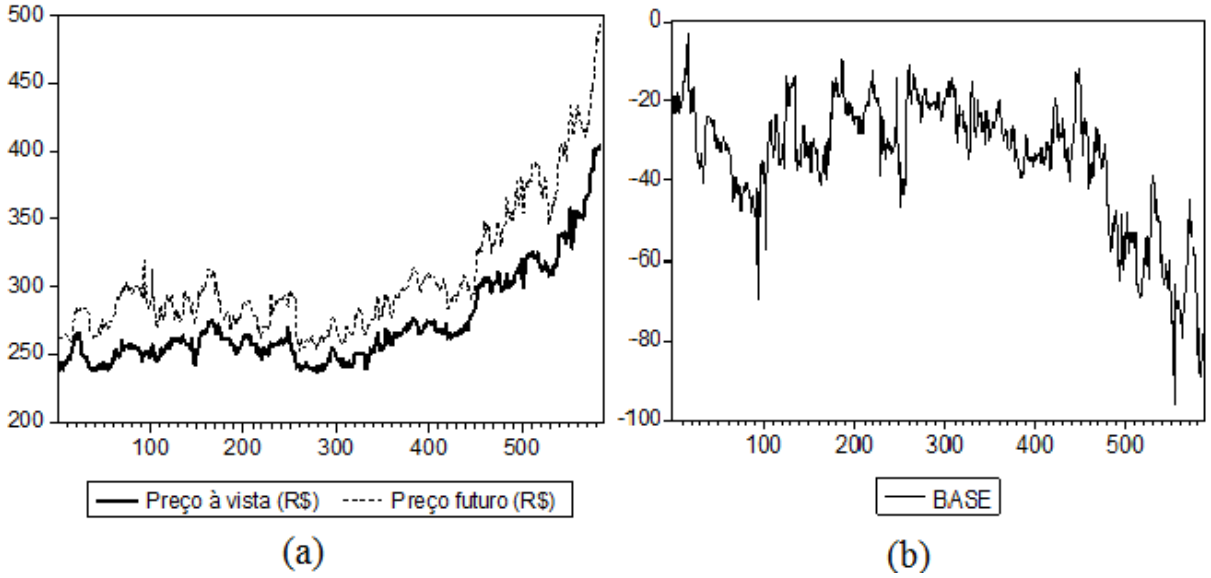
Para a realização do estudo da volatilidade da base do café arábica na região do Sul de Minas, utilizou-se a cotação do preço do café arábica, tipo 6, bebida dura, saca de 60 kg, no mercado físico e futuro. Os preços do mercado físico foram coletados por meio do Centro de Comércio de Café do Estado de Minas Gerais - CCCMG (2011) e seus valores estão em reais (R$) e livres de impostos, com disponibilidade de retirada em armazém. Já as cotações dos preços futuros foram obtidas por meio da BM&F Bovespa (2011) e seus valores estão em dólares (US$). Utilizou-se a taxa de câmbio comercial (R$/US$), disponibilizada pelo Banco Central do Brasil (2011), para converter a série de preço futuro para reais. Cabe ainda ressaltar, em relação ao preço futuro, que foram utilizados os contratos dos primeiros vencimentos em aberto.

As séries de preços físicos e futuros têm início em 2 de junho de 2008 e terminam em 30 de dezembro de 2010. Devido à indisponibilidade de dados em alguns dias específicos referentes aos mercados físico e futuro, como datas alusivas a feriados locais ou mesmo a não disponibilização destas, as séries dos preços à vista e futuro foram equalizadas visando, assim, contornar tal problema. No total, foram coletadas 586 observações de preços físicos e futuros.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes da apresentação dos resultados relativos à análise de volatilidade da base do café arábica para a mesorregião do Sul de Minas, ilustra-se, na Figura 1, a evolução dos preços nos mercados físico e futuro, bem como o valor da base para o período em análise.

Figura 1 – Preços nos mercados físico e futuro do café arábica (a) e sua respectiva base (b), no período de 2 de junho de 2008 a 30 de dezembro de 2010.



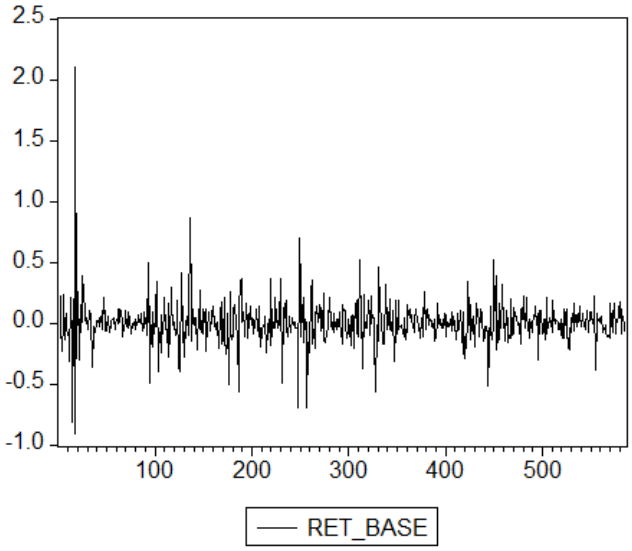
Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo.

Analisando-se a Figura 1, constata-se que, em todo período estudado, o preço do café arábica no mercado físico no Sul de Minas foi inferior ao preço praticado no mercado futuro. Consequentemente, a base foi negativa no período. Tais constatações são semelhantes às apresentadas por Pavao (2010), ao analisar o comportamento da base para o município de Alpinópolis, no Sul de Minas.

O coeficiente de correlação entre o preço à vista e o preço futuro, igual a 0,98, indica forte correlação entre estes.

Como o propósito deste trabalho é estudar a volatilidade na base do café arábica, necessita-se, portanto, da série de retorno desta, que está representada na Figura 2.

Figura 2 – Retorno da base do café arábica, no período de 2 de junho de 2008 a 30 de dezembro de 2010



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo.

Pela Figura 2, podem-se observar períodos de alta volatilidade da base do café arábica, condizente com a existência de *clusters* de volatilidade em períodos específicos. Segundo Mol et al. (2005), isso se justifica pelo fato de as expectativas de preço no mercado físico se diferirem das expectativas no mercado futuro, o que se explica por questões relacionadas ao mercado (oferta do produto), questões climáticas, entre outras.

A Tabela 1, a seguir, fornece as estatísticas descritivas da série do retorno da base do café arábica.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas da série de retorno

Estatísticas	Retorno da base
Média	0,0024
Mediana	- 0,0008
Desvio-padrão	0,1851
Assimetria	2,2349
Curtose	34,3044
Teste Jarque-bera	24.373,58
P-valor (JB)	0,0000

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo.

Entre os resultados apresentados na Tabela 1, destaca-se a medida de Curtose, que apresentou um valor elevado, indicando que a série possui uma distribuição leptocúrtica, isto é, a distribuição é mais alta e concentrada que a distribuição normal. O teste de Jarque-Bera para normalidade dos resíduos indica que estes não possuem distribuição normal. Essa análise, associada às demais estatísticas descritivas e à análise gráfica do retorno da base são indícios da presença de heterocedasticidade condicional na série analisada.

Outro teste realizado foi o teste de Dickey-Fuller Aumentado, com o propósito de verificar a ordem de integração da série de retorno da base. Encontrou-se uma estatística τ calculada de -30,7976, com p-valor de 0,0000. Logo, a série mostrou-se estacionária em nível.

Em seguida, ajustou-se um modelo ARMA (p,q) para a equação da média da série do retorno da base do café, visando eliminar o problema de correlação serial. O modelo ARMA (p,q) foi obtido por meio da análise da função de autocorrelação (fac) e da função de autocorrelação parcial (facp). Após todos os ajustamentos devidos, considerando-se o nível de significância de 5%, optou-se pelo modelo AR(1), o qual melhor se ajustou ao comportamento da série. Uma vez estimado tal modelo, procedeu-se ao teste da estatística Q. Verificou-se um Q(28) = 35,7840, com p-valor igual a 0,12, o que confirma a ausência de correlação serial.

A etapa seguinte consistiu na realização do teste do multiplicador de Lagrange proposto por Engle (1982) para verificar a presença de heterocedasticidade condicional na série de retorno (teste do efeito ARCH). A hipótese nula de que não há padrão ARCH foi rejeitada ao nível de significância de 1%. Também foi verificada a presença de heterocedasticidade condicional por meio da análise da fac e da facp dos quadrados dos resíduos, o que confirmou os resultados do teste anterior. A análise da facp indicou um modelo ARCH (3). Assim, ajustou-se o modelo descrito, apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultado do modelo ARCH

Método: ML – ARCH (Marquardt)

Série de retorno da base do café arábica

	Coeficiente	**Erro-padrão**	**Estatística Z**	**Prob.**
AR(1)	-0,1508	0,0530	-2,8443	0,0045
Equação de variância				
C	0,0160	0,0006	26,228	0,0000
ARCH (1)	0,1603	0,0474	3,3802	0,0007
ARCH (2)	0,0954	0,0269	3,5445	0,0004
ARCH (3)	0,1957	0,0378	5,1730	0,0000

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo.

Por meio das estatísticas de Ljung-Box e a estatística do multiplicador de Lagrange, verificou-se, dado um p-valor acima de um nível de significância de 10%, que o modelo está bem ajustado. Cabe lembrar que no modelo ARCH, os choques negativos ou os choques positivos possuem o mesmo efeito sobre a volatilidade. Sendo assim, o modelo ARCH não é capaz de fornecer informações sobre o que gerou a volatilidade na série. O modelo somente descreve o comportamento da variância condicional.

A fim de captar a volatilidade nas séries de retorno da base foi estimado também o modelo GARCH. O resultado desse modelo está apresentado na Tabela 3. Cabe ressaltar que nos resultados da equação de variância, o coeficiente referente ao ARCH representa a reação da volatilidade, ao passo que o coeficiente do GARCH diz respeito à persistência da volatilidade. A soma dos dois coeficientes define a persistência do choque na série.

Tabela 3 – Resultado do modelo GARCH

Método: ML – ARCH (Marquardt)

Série de retorno da base do café arábica

	Coeficiente	**Erro-padrão**	**Estatística Z**	**Prob.**
AR(1)	-0,1700	0,0489	-3,4717	0,0005
Equação de variância				
C	0,0020	0,0003	6,5039	0,0000
ARCH (1)	0,1641	0,0172	9,5594	0,0000
GARCH (1)	0,7809	0,0186	41,981	0,0000

Fonte: Elaborado com base em dados da pesquisa.

A aplicação da estatística de Ljung-Box aos resíduos e aos resíduos ao quadrado, assim como o resultado do teste do multiplicador de Lagrange revelaram o bom ajustamento do modelo aos retornos diários da base.

Como se observa na Tabela 3, para a equação da variância, o modelo que melhor se ajustou a tal série foi o GARCH (1,1). Todos os coeficientes foram estatisticamente significativos, ao nível de significância de 1%. Quando somados o coeficiente de reação (0,1641) ao de persistência da volatilidade (0,7809), chegou-se ao valor de 0,9450, o que sugere uma intensa volatilidade no retorno da base do café arábica. Dessa maneira, um choque positivo ou negativo sobre o retorno da base demandará um tempo razoavelmente grande para se dissipar. Tal informação pode ser muito valiosa para os agentes envolvidos na comercialização do café arábica na região do Sul de Minas e que optam por trocar o risco de preço pelo risco de base por meio de contratos futuros.

Os dois modelos ajustados até aqui tratam os retornos de maneira simétrica. Sendo assim, ajustou-se um modelo EGARCH para verificar a presença de assimetrias na série de retornos da base. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultado do modelo EGARCH

Método: ML – ARCH (Marquardt)

Série de retorno da base do café arábica

	Coeficiente	Erro-padrão	Estatística Z	Prob.
AR(1)	-0,1895	0,0392	-4,8351	0,0000
Equação de variância				
W	-0,4706	0,0494	-9,5203	0,0000
B	0,9249	0,0106	87,286	0,0000
A	0,2652	0,0272	9,7532	0,0000
Γ	-0,1597	0,0186	-8,5834	0,0000

Fonte: Elaborado com base em dados da pesquisa.

O melhor modelo ajustado nesse caso foi o EGARCH (1,1), o que foi corroborado pela estatística de Ljung-Box e pelo resultado do teste do multiplicador de Lagrange. Todos os parâmetros do modelo foram significativos a 1%. Como se pode observar, o parâmetro γ foi diferente de zero, o que significa que o efeito assimetria está presente. Como $\gamma < 0$ (-0,1597), verifica-se a existência do efeito alavancagem na série de retorno da base do café arábica, isto é, a volatilidade da base responde mais intensamente aos choques negativos do que aos positivos.

Outro modelo estimado com o propósito de estudar a assimetria foi o TGARCH. De acordo com Bueno (2008), tais modelos são utilizados pelo fato de que evidências empíricas vêm constantemente contrariando a suposição de que os choques aleatórios são simétricos. Sendo assim, a Tabela 5 a seguir apresenta o resultado do modelo TGARCH estimado.

Tabela 5 – Resultado do modelo TGARCH

Método: ML – ARCH (Marquardt)

Série de retorno da base do café arábica

	Coeficiente	Erro-padrão	Estatística Z	Prob.
AR(1)	-0,1942	0,0411	-4,7190	0,0000
Equação de variância				
w	0,0018	0,0003	6,8907	0,0000
α	0,0373	0,0132	2,8253	0,0047
γ	0,2341	0,0376	6,2218	0,0000
β	0,7959	0,0188	42,337	0,0000

Fonte: Elaborado com base em dados da pesquisa.

Observa-se, pela Tabela 5, que o modelo ajustado foi um TGARCH (1,1). Todos os parâmetros foram estatisticamente significativos a 1%. Verifica-se, por meio do parâmetro γ, que há sim impacto assimétrico na série de retorno da base do café arábica.

Para verificar o melhor modelo ajustado entre os quatro modelos analisados no presente estudo, a fim de estudar o comportamento da volatilidade da base para o café arábica

na mesorregião do Sul de Minas, são utilizados alguns critérios de ajustamento. De acordo com Morettin (2008), podem-se usar, como critérios de ajustamento, o log-verossimilhança, AIC e SIC. A Tabela 6 apresenta tal comparação entre os modelos.

Tabela 6 – Valores máximos da log-verossimilhança e valores mínimos de AIC e SIC para os modelos ajustados aos retornos da base do café arábica

Modelos / Critérios	ARCH(1,1)	GARCH(1,1)	EGARCH(1,1)	TGARCH(1,1)
Log-verossimilhança	255,90	259,20	279,92	274,67
AIC	-0,8593	-0,8740	-0,9415	-0,9235
SIC	-0,8218	-0,8440	-0,9041	-0,8861

Fonte: Elaborado com base em dados da pesquisa.

Pelas informações apresentados na Tabela 6, observa-se que o modelo EGARCH foi o que demonstrou o melhor ajustamento à série de retornos da volatilidade da base. Disso infere-se que, realmente, as informações em tal mercado são assimétricas e que notícias negativas como quebra de safra, más condições climáticas, aumento de pragas e doenças, entre outras, que acabam afetando diretamente a produção do café arábica, terminam por contribuir, de forma expressiva, na volatilidade da base do produto.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo analisar a volatilidade da base do café arábica para a mesorregião do Sul de Minas, visando aumentar a informação para os *hedgers* envolvidos na comercialização do café arábica em relação ao risco de base deste.

Verificou-se, por meio do modelo GARCH, que choques na base, sejam eles positivos ou negativos, demoram um tempo considerável para se dissiparem. Também se verificou, por meio dos demais modelos, que notícias desfavoráveis acerca desse produto predominam sobre a propagação de notícias favoráveis, elevando, dessa forma, a volatilidade da base. Logo, quando houver previsão de quebra de safra, piora nas condições climáticas ou quaisquer outras adversidades que venham contribuir para problemas na comercialização do produto, os *hedgers* já devem se preparar antes, ajustando suas posições no mercado futuro, sabendo que tais efeitos na base se perpetuarão por um longo tempo e, portanto, evitando maiores flutuações em suas receitas.

Esse trabalho apresentou uma sugestão para os *hedgers* do Sul de Minas acerca do estudo do risco de base para o café arábica, propondo novos métodos de análise desta. Sabe-se que tal assunto ainda não está esgotado e que novas metodologias devem ser utilizadas a fim de, cada vez mais, subsidiar as informações pertinentes para todos os envolvidos no processo de comercialização do café arábica e, assim, buscar maximizar suas receitas ou minimizar seus prejuízos, caso eventualmente estes venham a ocorrer.

REFERÊNCIAS

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BACEN. **Sistema Gerenciador de Séries Temporais**. Disponível em: <http://www.bacen.gov.br>. Acesso em: 14 mar. 2011

BARROS, A. M.; AGUIAR, D. R. D. Comportamento da base do Café Arábica nas principais regiões produtoras do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43, 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Brasília: SOBER, 2005a, 18 p. CD-ROM.

BARROS, A. M.; AGUIAR, D. R. D. Gestão do risco de preço de Café Arábica: uma análise por meio do comportamento da base. **Revista de Economia Rural**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 443-464, jul./set. 2005b.

BM&F BOVESPA. **Dados Históricos**. Disponível em: <http://www.bmfbovespa.com.br>. Acesso em: 28 fev. 2011.

BOLLERSLEV, T. Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity. **Journal of Econometrics**, v. 31, n. 3, p. 307-327, 1986.

BUENO, R. L. S. **Econometria de séries temporais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 299 p.

CENTRO de COMÉRCIO de CAFÉ do ESTADO de MINAS GERAIS – CCCMG. **Cotação do Café**. Disponível em: <http://www.cccmg.com.br>. Acesso em: 23 fev. 2011.

COMPANHIA DE ABASTECIMENTO NACIONAL – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira Café**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 18 mar. 2011.

ENGLE, R. F. Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of U.K. inflation. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 987-1008, 1982.

FONTES, R. E.; CASTRO JUNIOR, L. G.; AZEVEDO, A. F. Base e risco de base da cafeicultura em Minas Gerais e São Paulo. **Resenha BM&F**. São Paulo, n. 153, p. 50-56. 2003.

HULL, J. C. **Fundamentos dos mercados futuros e de opções**. 4. ed. São Paulo: BM&F, 2005. 597 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 mar. 2011a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 mar. 2011b.

MARQUES, P.; MARTINES, J.F.; MELLO, P.. **Mercados Futuros Agropecuários: Exemplos e aplicações para o mercado brasileiro**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 223 p.

MOL, A. L. R.; FONTES, R. E.; CASTRO JUNIOR, L. G.; ROMANIELLO, M. M. Previsão de base para o café: um estudo empírico com a utilização de modelos ARCH. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42, 2004, Cuiabá. **Anais...** Brasília: SOBER, 2004, 15 p. CD-ROM.

MOL, A. L. R.; CASTRO JÚNIOR, L.G.; ROMANIELLO, M. M.; FONTES, R. E.; Value-at-Risk: Uma abordagem heteroscedástica do risco de base para o Café no Cerrado Mineiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43, 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Brasília: SOBER, 2005, 17 p. CD-ROM.

MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M.C. **Análise de Séries Temporais**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2004. 535 p.

MORETTIN, P. A. **Econometria Financeira – Um Curso em Séries Temporais Financeiras**. São Paulo: Editora Blucher, 2008. 319 p.

PAVAO, A. R. Análise do comportamento da base do Café Arábica: um estudo de caso do município de Alpinópolis – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 48, 2010, Campo Grande. **Anais...** Brasília: SOBER, 2010, 21 p. CD-ROM.