

ALAVANCAGENS E ASSIMETRIAS DA VOLATILIDADE DOS PREÇOS DO CAFÉ NO MERCADO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE EMPÍRICA

LEVERAGES AND ASYMMETRIES OF THE VOLATILITY OF COFFEE PRICES IN THE BRAZILIAN MARKET: AN EMPIRICAL ANALYSIS

Fabio Lucio Rodrigues

<https://orcid.org/0000-0001-5809-4044>

Email: fabiolucio@uern.br

Doutorando em Economia (UFPB)

RESUMO

O café é a bebida não alcoólica mais consumida no Brasil e uma das principais *commodities* da pauta de exportações do país. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho consiste em realizar uma análise empírica do processo de volatilidade dos retornos dos preços do café no Brasil, identificando os parâmetros de reação, persistência e assimetria da série temporal, além de verificar as possibilidades de alavancagens dessa cultura agrícola no mercado. Os modelos utilizados para estimar a volatilidade condicional são conhecidos como “modelos da família ARCH”. Os resultados empíricos sugerem que a volatilidade dos retornos do café pode apresentar sinais de assimetria, visto que esse efeito foi captado pelo modelo EGARCH, mas não pelo modelo TGARCH. Além do fato de que os efeitos de choques sobre a volatilidade, pelos resultados empíricos, tendem a levar vários períodos para dissipar-se.

Palavras-chave: Café. Commodity. Volatilidade Condicional.

ABSTRACT

Coffee is the most consumed non-alcoholic beverage in Brazil and one of the main export commodities in the country. In this context, the objective of this work is to perform an empirical analysis of the volatility process of coffee price returns in Brazil, identifying the reaction parameters, persistence and asymmetry of the time series, as well as to verify the leverage possibilities of this agricultural crop in marketplace. The models used to estimate conditional volatility are known as “ARCH family models”. The empirical results suggest that the volatility of coffee returns may show signs of asymmetry, since this effect was captured by the EGARCH model, but not by the TGARCH model. In addition to the fact that the effects of shocks on volatility from empirical results tend to take several periods to dissipate.

Keywords: Coffee. Commodity. Conditional Volatility.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o café é a segunda bebida mais consumida pelos brasileiros, ficando atrás apenas para água, o que mostra a importância dessa *commodity* para a composição do produto nacional. Mundialmente, mais de 40 países realizam o cultivo e a produção de café, mas o Brasil é o maior produtor do tipo arábica, o mais consumido, colhendo, cerca de 46 milhões de sacas estimadas para 2018, seguido muito atrás pela Colômbia com 14,5 milhões de sacas. Já em relação ao consumo, os Estados Unidos são os maiores consumidores do produto no mundo

(sem considerar a União Europeia como bloco), seguidos de perto pelo Brasil (GONÇALVES, 2019; GRÃO GOURMET, 2019).

Para Araripe (2014), a oferta e a demanda de café são fortemente inelásticas, é devido ao fato do café ser um hábito de consumo cuja demanda tende a ser estável mesmo com variações significativas nos preços da *commodity*. Do lado da oferta, o café se caracteriza como uma cultura perene e tem um ciclo de produção bianual, sendo que as variações de preço influenciariam ajustes na oferta apenas em períodos maiores que um ano. Nesse sentido, Nunes, Saes e Brando (2004) enfatizam que a oferta mundial de café ainda apresenta movimentos cíclicos devido exatamente ao seu ciclo de produção mundial bianual e à sua resposta defasada em relação aos estímulos de preço gerados, frequentemente, por fortes alterações climáticas.

O comportamento dos preços do café é fortemente dependente da oferta mundial e das condições climáticas das regiões produtoras. O movimento defasado da oferta, ocasionado pelo caráter perene da cultura cafeeira tornam os preços do café nos mercados mais susceptíveis a elevadas variações decorrentes de perturbações climática. No fim dos anos 1990 até meados dos anos 2000, o ciclo de baixa nos preços parece ter chegado ao seu limite, tendo os ajustes de produção sido realizados com a saída de produtores do mercado e a erradicação de áreas produtivas, elevando as cotações no fim da década de 2000 (NUNES; SAES; BRANDO, 2004).

Recentemente, o clima nas regiões produtoras brasileiras mexeu com as cotações de mercado da *commodity*. As recentes chuvas em regiões produtoras do país têm prejudicado a colheita em ano de ciclo baixo para o tipo arábica. Tal fato provocou forte alta para as cotações na Bolsa de Nova York, voltando a superar, em setembro de 2019, a barreira de US\$ 1 por libra-*peso* nos contratos de curto prazo. Aliados a isso, a chegada do período invernos sobre as regiões de cafezais da região sudeste do Brasil, assim como a dificuldade em encontrar razoáveis volumes de produção do produto do tipo arábica de boa qualidade no final do período de safra brasileiro, elevaram as cotações ainda mais no segundo semestre de 2019 (REVISTA GLOBO RURAL, 2019).

Verifica-se, assim, que as condições climáticas exercem grande influência sobre os preços do café no mercado internacional e que esse movimento internacional refletiu no mercado interno. Dados atualizados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) também indicam valorização no primeiro semestre de 2019. O do café arábica, com base no Estado de São Paulo, subiu 6,64% entre os dias 27 e 31 de maio. A cotação passou de R\$ 391,77 para R\$ 417,80 a saca. O café do tipo robusta, referenciado no Espírito Santo, registrou movimento semelhante, com alta de 5,13% no período e a cotação passando de R\$ 284,71 para R\$ 299,33 (REVISTA GLOBO RURAL, 2019).

Dessa forma, parece relevante uma melhor identificação dos movimentos dos preços dessa *commodity*, principalmente se considerarmos que as condições climáticas estão bem aquém daquelas esperadas pelos produtores nacionais. Portanto, este artigo objetiva apresentar uma análise empírica do processo de volatilidade dos retornos de uma das mais importantes *commodities* agrícolas brasileiras, o café, analisando os parâmetros estimados de reação, persistência e assimetria, além de identificar possibilidades de alavancagens da série em cada modelo. O enfoque se dá sobre duas características determinantes do processo de geração dos retornos: a persistência de choques e as assimetrias na volatilidade dos preços.

Essa análise do padrão da volatilidade dos retornos gerados por esta *commodity* possui implicações importantes relacionadas à formulação de políticas para o setor cafeeicultor e desempenho econômico do país. Segundo Swaray (2002), é um fato comum assumir que informação de mercado e *hedging* são características que se aplicam somente aos mercados financeiros e que a disponibilidade física seria o conceito similar nos mercados de *commodities*

primárias. Entretanto, analisando-se tais mercados, pode-se constatar que informação, *hedging*, especulação e disponibilidade física seriam todos os fatores fundamentais que influenciariam a volatilidade dos mercados de *commodities* primárias, portanto, passíveis de análises mais aprofundadas. Além disso, Herrman (1983) coloca que o aumento da volatilidade nos mercados de *commodities* primárias pode justificar o uso de processos baseados em informação para a modelagem do padrão de volatilidade do retorno de tais *commodities* nesses mercados.

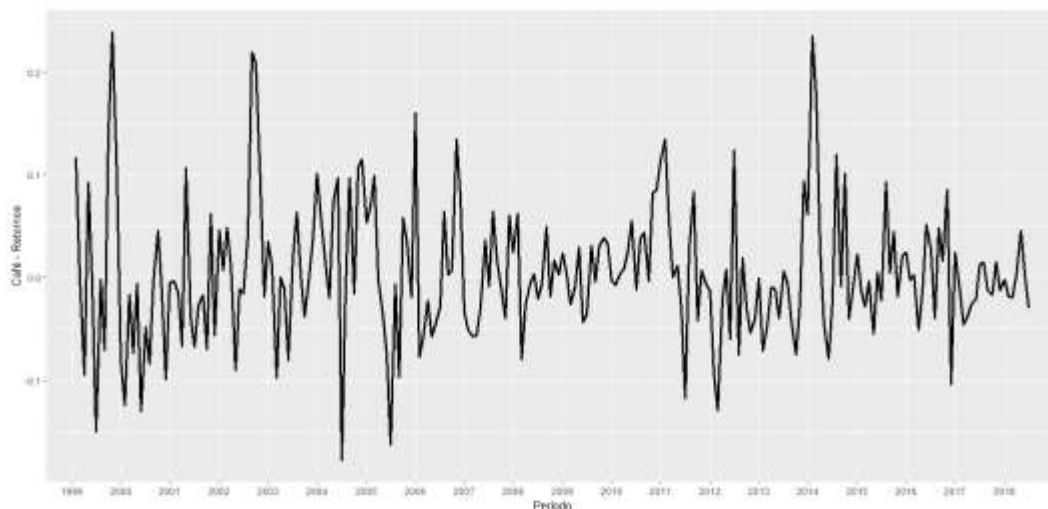
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A série temporal objeto de estudo será o “preço recebido pelo produtor de café, por saca de 60kg líquido, bica corrida, tipo 6, bebida dura para melhor, valor descontado o prazo de pagamento pela taxa da NPR, posto na cidade de São Paulo”, expresso em *Reais (R\$)* e coletado via banco de dados on-line do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Universidade de São Paulo (USP).

Para modelar a volatilidade dos retornos gerados pela *commodity*, devem-se calcular os retornos instantâneos compostos continuamente por $r_t = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1})$. Conforme Tsay (2002) existem duas razões principais para trabalhar-se com retornos em vez de preços. A primeira é que para agentes médios, o retorno de um ativo é um sumário completo e independente da escala da oportunidade de investimento. Segundo séries de retornos são mais fáceis de manipular que séries de preços, dado que as primeiras têm propriedades estatísticas desejáveis.

Figura 01 - Café – preços médios mensais e retornos mensais dos preços



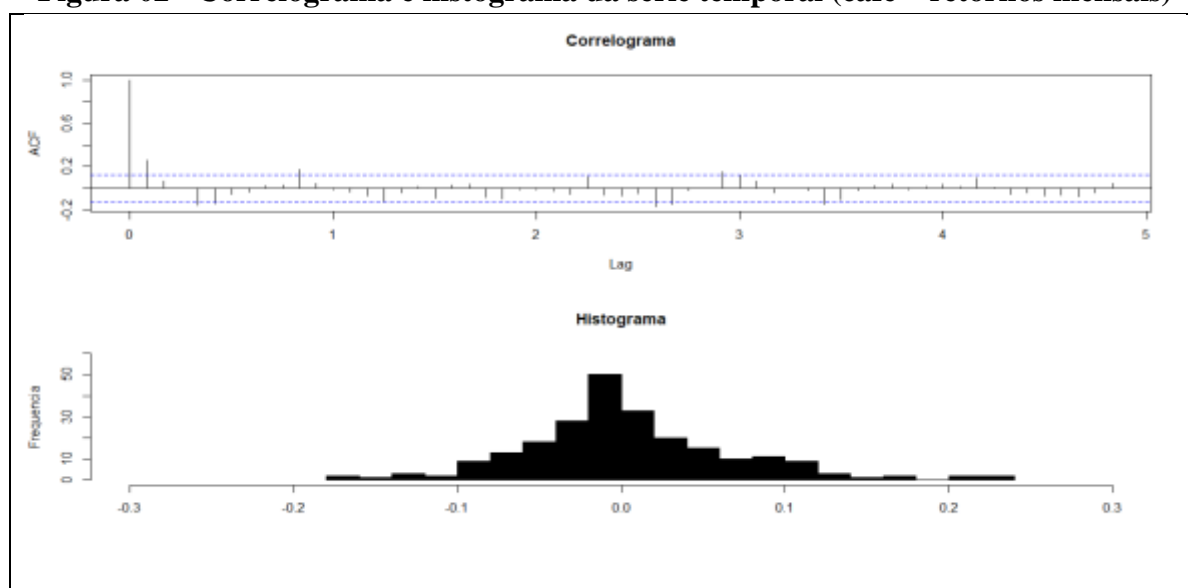


Fonte: Elaboração própria com base nos dados coletados no CEPEA/USP (2018).

A série temporal dos retornos tem periodicidade mensal e os dados coletados compreendem o período de janeiro de 1999 a junho de 2018, perfazendo 234 observações (235 na série original de preços) para utilização no processo de simulação. A Figura 01 abaixo apresenta a evolução da série original de preços e da série temporal dos retornos ao longo do período estabelecido para análise.

Percebe-se, da Figura 01, que dentro do período de análise, nota-se uma acentuada volatilidade nos retornos, com a presença de *outliers*. Nota-se pequenos períodos de alta volatilidade, seguidos por períodos mais longos de baixa volatilidade. Uma melhor compreensão do comportamento da série pode ser visualizada a partir da figura abaixo, que apresenta o correlograma e o histograma dos retornos da mesma.

Figura 02 - Correlograma e histograma da série temporal (café – retornos mensais)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados coletados no CEPEA/USP (2018).

Do correlograma podemos perceber que a série temporal é truncada no *lag* inicial, sugerindo um **processo autoregressivo de ordem 1 (AR(1))** e possivelmente estacionário. O histograma, no que lhe concerne, sugere assimetria à esquerda da série e que, possivelmente, esta não segue uma distribuição de probabilidades normal, visto que visualmente suas caudas são muito baixas. A seguir, na Tabela 01, são expostas algumas estatísticas da série temporal em estudo.

Tabela 01 - Estatísticas descritivas da série temporal (café – retornos mensais)

<i>Média</i>	<i>Variância</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Coef. de Variação</i>	<i>Assimetria</i>	<i>Curtose</i>
0,0041	0,0044	0,0660	1605,597	0,6305	1,5018

Fonte: Elaboração própria com base nos dados coletados no CEPEA/USP (2018).

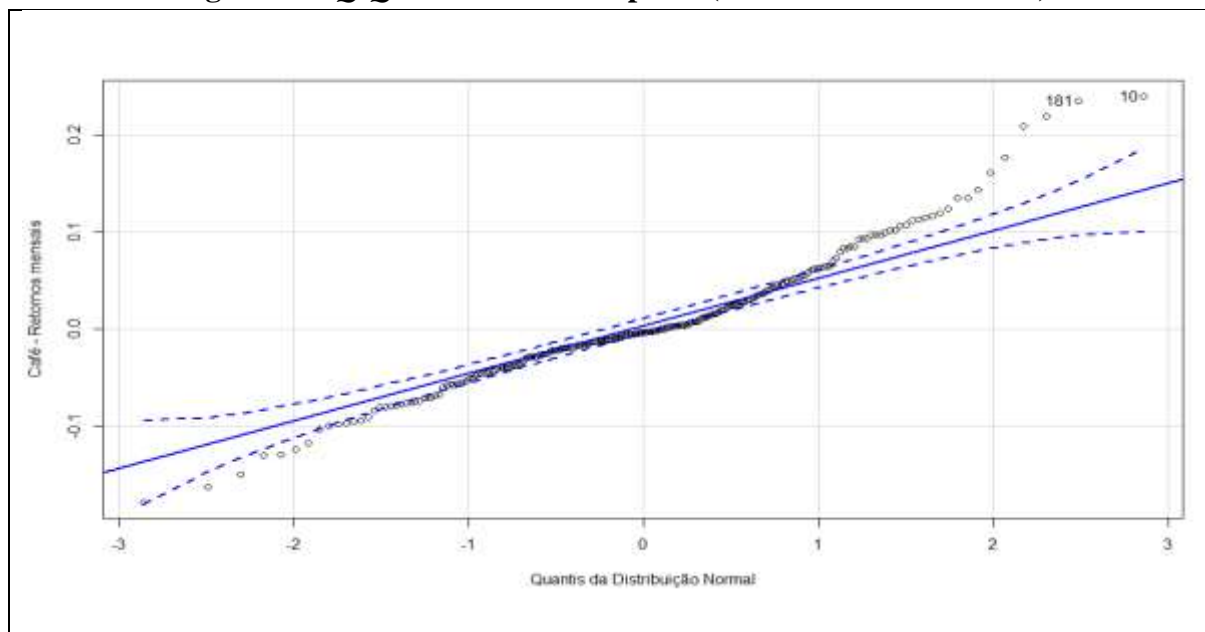
Observa-se que os retornos dos preços do café apresentam uma distribuição platicúrtica devido à baixa curtose e a assimetria positiva indica que a distribuição tem uma cauda direita (valores acima da média) mais pesada. Desta forma, os valores de assimetria e curtose sugerem que o formato da distribuição de probabilidades da série difere da distribuição normal, requisito necessário para utilização dos modelos de volatilidade condicional.

Tabela 02 - Testes de normalidade da série temporal (café – retornos mensais)

<i>Teste</i>	<i>Hip. Nula (H0)</i>	<i>Estatística</i>	<i>P-Valor</i>
<i>Jarque-Bera</i>	<i>normalidade</i>	37,4966	0,0000
<i>Shapiro – Wilk</i>	<i>normalidade</i>	0,9640	0,0125
<i>Box-Pierce</i>	<i>normalidade</i>	41,2100	0,0005
<i>Ljung-Box</i>	<i>normalidade</i>	42,5720	0,0003
<i>Kolmogorov-Smirnov</i>	<i>normalidade</i>	0,0997	0,0190

Fonte: Elaboração própria com base nos dados coletados no CEPEA/USP (2018).

Para corroborar essa afirmação, a Tabela 02 abaixo resume um conjunto de testes e seus resultados e a Figura 03 apresenta o gráfico *Quantil-Quantil (Q-Q Plot)* da série.

Figura 03 - *Q-Q Plot* da série temporal (café – retornos mensais)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados coletados no CEPEA/USP (2018).

A Figura 03 mostra a existência de uma relação não linear entre os *quantis* teóricos e empíricos, bastante acentuada nas caudas das distribuições, indicando caudas mais pesadas na distribuição empírica. Por sua vez, todos os testes expostos na Tabela 02 apontam para rejeição da hipótese nula, portanto, há evidências de que o comportamento da série temporal não segue uma distribuição de probabilidades normal, podendo, portanto, ser explicada por um modelo de volatilidade condicional.

O modelo utilizado para modelar a volatilidade condicional será o *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH)*, e suas variantes *Generalized ARCH (GARCH)*, *Exponential GARCH (EGARCH)* e *Threshold GARCH (TGARCH)*, mais conhecidos como **modelos da família ARCH**. A variância condicional fornecida por estes modelos é utilizada como *proxy* para a volatilidade dos retornos da *commodity* considerada.

Seguindo a descrição dos modelos exposta em Bueno (2008), suponha que se queira estimar o modelo *ARIMA* ($p, 0, q$). Se o erro desse processo segue um processo *ARCH*, então pode ser definido por:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 \quad (1)$$

Na equação (1) é desnecessário que a distribuição do erro seja normal, bastando ser idêntica e independentemente distribuída (*i.i.d.*) para que os momentos assintóticos da série sejam iguais ao da distribuição normal.

Na modelagem *ARCH* algumas restrições são necessárias para garantir a estacionariedade e positividade da variância condicional. Para que a variância condicional seja sempre positiva é suficiente que $\omega > 0$ e $\alpha_i \geq 0, \forall i$, com $i = 1, 2, \dots, q$. Além disso, $\sum_{i=1}^q \alpha_i < 1$ é condição necessária para que a série seja estacionária. Isso significa que as raízes da polinomial $\left(1 - \sum_{i=1}^q \alpha_i L^i\right)$ devem estar fora do círculo unitário.

O problema da modelagem *ARCH* consiste na grande quantidade de parâmetros a serem ajustados corretamente. Tentando reduzir esse problema, foi proposto um modelo *ARCH Generalizado (GARCH)*, na qual a equação da variância muda para:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (2)$$

Novamente, a condição suficiente para a estacionariedade de (2) é que as raízes da polinomial da variância estejam fora do círculo unitário. As restrições impostas sobre os coeficientes dos modelos *ARCH*, de que eles devem ser todos os maiores que zero, podem, então, ser relaxadas.

O problema comum nos modelos *ARCH/GARCH* consiste na suposição básica de que os impactos dos choques aleatórios são simétricos, contradizendo as evidências empíricas largamente testadas. Para tentar resolver esse problema foi proposto o modelo *GARCH Exponencial (EGARCH)*, que permite a absorção de impactos assimétricos com a vantagem adicional de que alguns coeficientes podem ser negativos. O modelo *EGARCH* é definido por:

$$\ln \sigma_t^2 = \omega + \sum_{j=1}^p \beta_j \ln \sigma_{t-j}^2 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} - E \left(\frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \right) \right| + \sum_{k=1}^r \gamma_k \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \quad (3)$$

A especificação logarítmica impede que a variância seja negativa, portanto, os parâmetros podem ser negativos. Os coeficientes γ ajustam a assimetria dos efeitos. Se $\gamma_k = 0$, para todo k , então um choque positivo tem o mesmo efeito na volatilidade que um choque negativo de mesma magnitude. Nesse caso, o impacto é simétrico. Se houver algum $\gamma_k \neq 0$, os impactos serão assimétricos. O efeito, alavancagem, ou seja, choques negativos aumentando a volatilidade mais do que choques positivos, é identificado quando $\gamma_k < 0$.

O modelo *GARCH* com Limiar (*TGARCH*) foi proposto, também, como alternativa as dificuldades de modelo *GARCH* simétrico. O modelo *TGARCH* é definido por:

$$\sigma_t^a = \omega + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^a + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^a + \sum_{k=1}^r \gamma_k d_{(\varepsilon_{t-k} \leq 0)} |\varepsilon_{t-k}|^a \quad (4)$$

Em que $d_{(\cdot)}$ é a variável *dummy* igual a 1 se o erro satisfaz a condição imposta entre parênteses, e 0, caso contrário. O modelo implica um aumento de volatilidade quando notícias ruins, representadas por $\varepsilon_{t-k} < 0$, são acompanhadas por um coeficiente positivo, isto é, por $\gamma_k > 0$.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DOS RESULTADOS

A estacionariedade da série temporal é uma condição necessária à modelagem proposta, pois séries temporais não-estacionárias podem gerar resultados viesados nas estimações, portanto, nas previsões. Para verificar essa condição, a Tabela 03 a seguir apresenta os testes de raiz unitária mais usuais na literatura, para a série de retornos ao nível.

Assim, considerando um nível de significância de 5%, podemos observar na Tabela 03 que, todos os demais testes rejeitam a hipótese de presença de raiz unitária na série temporal, quando verificada ao nível, portanto, têm-se evidências de que a série temporal de retornos apresenta comportamento estacionário ao longo do tempo.

Tabela 03 - Testes de raiz unitária na série temporal (café – retornos mensais)

<i>Teste</i>	<i>Hip. Nula (H0)</i>	<i>Série em Nível</i>	
		<i>Estatística</i>	<i>P-Valor</i>
<i>Dickey – Fuller (DF)</i>	<i>Não Estacionário</i>	- 0,7193	0,0000
<i>Dickey – Fuller Aumentado (ADF)</i>	<i>Não Estacionário</i>	- 11,730	0,0000
<i>Phillipe – Perron (PP)</i>	<i>Não Estacionário</i>	- 171,00	0,0000
<i>KPSS</i>	<i>Estacionário</i>	0,1760	0,1000

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações (2018).

Considerando um nível de significância de 5%, podemos observar na Tabela 03 que, os demais testes rejeitam a hipótese de presença de raiz unitária na série temporal, quando verificada ao nível, portanto, têm-se evidências de que a série temporal de retornos apresenta comportamento estacionário ao longo do tempo.

Após a confirmação da estacionariedade, procede-se a escolha dos modelos $ARMA(p,q)$ para a estimação da equação da média da série do retorno dos preços do café, visando eliminar o problema de correlação serial. Como pode ser observado no correlograma da Figura 02, a série temporal dos retornos dos preços do café é truncada no *lag* inicial, sugerindo um processo AR(1). A partir dessa possibilidade, a Tabela 04 apresenta os modelos candidatos ao melhor ajuste e seus respectivos critérios de seleção.

Tabela 04 - Modelos candidatos ao melhor ajuste ARMA (p, q)

<i>Resumo dos Modelos</i>		
<i>Modelo</i>	<i>Análise dos resíduos</i>	
	<i>AIC</i>	<i>SBC</i>
<i>ARMA (1, 0)</i>	<u>-619,3390</u>	<u>-608,9730</u>
<i>ARMA (1, 1)</i>	-617,3409	-603,5196
<i>ARMA (0,1)</i>	-618,3430	-607,9770
<i>ARMA (2, 0)</i>	-617,3412	-603,5199

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações (2018).

Dentre os modelos candidatos analisados foi escolhido o modelo $ARMA(1,0)$, com base nos critérios de informação de Akaike (*AIC*) e Schwartz (*SBC*), o qual melhor se ajustou ao comportamento da série.

Antes de estimar os modelos, é necessário realizar testes para verificar se há presença de heterocedasticidade nos resíduos dos retornos. Tal condição é necessária para que os modelos possibilitem a explicação do comportamento da volatilidade da série temporal. A Tabela 05 a seguir apresenta os resultados do *Teste ARCH*, proposto por Engle (1982), cuja hipótese nula consiste na homocedasticidade dos resíduos.

Tabela 05 - Teste ARCH – Modelo de Ajuste: ARMA(1, 0)

<i>Lags</i>	<i>Estatística</i>	<i>P-Valor</i>
4	107,20	0,0000
8	46,10	0,0000
12	32,30	0,0007

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações.

Observa-se que o teste realizado fornece fortes evidências contra a hipótese nula de não ocorrência de heterocedasticidade condicional nos resíduos dos retornos do café. Em seguida, estimam-se três alternativas de cada modelo da família ARCH (r, s) e seus respectivos critérios de qualidade do ajuste para realizar a identificação das ordens r e s necessárias para a modelagem da volatilidade condicional. Os resultados estão expressos na Tabela 06.

Os resultados apontam para os modelos mais parcimoniosos, visto que todos os valores mínimos dos AIC e SBC estimados foram gerados pelos modelos com o menor número de parâmetros, à exceção do AIC do modelo ARCH (2). Desta forma, é modelada a volatilidade dos retornos condicionais do café, considerando o padrão heterocedástico da volatilidade. Isto foi implementado ajustando-se os modelos ARCH (1), GARCH (1,1), EGARCH (1,1) e TGARCH (1,1) à volatilidade dos modelos ajustados para a média condicional dos retornos.

Os resultados das estimações para a média condicional e a volatilidade dos retornos do café estão reportados na Tabela 07, juntamente com seus respectivos *p-values* para análise de significância estatística dos parâmetros obtidos. Todos os testes de significância estatística consideram um nível de significância de 5%.

Tabela 06 - Modelos de volatilidade condicional candidatos ao melhor ajuste

<i>Resumo dos Modelos</i>		
<i>Modelo</i>	<i>Análise dos resíduos</i>	
	<i>AIC</i>	<i>SBC</i>
<i>Modelos ARCH</i>		
<i>ARCH (1)</i>	-2,6977	<u>-2,6534</u>
<i>ARCH (2)</i>	<u>-2,7025</u>	-2,6434
<i>ARCH (3)</i>	-2,6967	-2,6228
<i>Modelos GARCH</i>		
<i>GARCH (1, 1)</i>	<u>-2,7329</u>	<u>-2,6738</u>
<i>GARCH (1, 2)</i>	-2,7276	-2,6537
<i>GARCH (2, 1)</i>	-2,7265	-2,6527
<i>Modelos EGARCH</i>		
<i>EGARCH (1, 1)</i>	<u>-2,7215</u>	<u>-2,6329</u>
<i>EGARCH (1, 2)</i>	-2,7124	-2,6090
<i>EGARCH (2, 1)</i>	-2,7143	-2,5962
<i>Modelos TGARCH</i>		

<i>TGARCH (1, 1)</i>	<i>-2,7475</i>	<i>-2,6294</i>
<i>TGARCH (1, 2)</i>	<i>-2,7357</i>	<i>-2,6028</i>
<i>TGARCH (2, 1)</i>	<i>-2,7320</i>	<i>-2,5843</i>

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações (2018).

Também são apresentados na Tabela 07 os *p-values* da estatística *qui-quadrado* dos testes de normalidade de *Box-Pierce* e *Ljung-Box* aplicados aos resíduos dos modelos estimados, cuja hipótese nula é a normalidade dos resíduos. Os resultados evidenciam que todos os modelos estimados geraram resíduos ‘ruídos branco’.

Observa-se que os parâmetros estimados para o modelo *ARCH(1)* foram significativos. As restrições para garantir a estacionariedade e positividade da variância condicional foram atendidas pelo modelo ajustado: $\omega > 0$, $\alpha_1 > 0$ e $\alpha_1 < 1$. O valor do parâmetro obtido para o termo ε_{t-1}^2 indica que a volatilidade dos retornos do café não apresenta baixa persistência, sugerindo que a volatilidade retorna ao seu nível normal em curto espaço de tempo.

No modelo *GARCH (1,1)* todos os coeficientes estimados são estatisticamente significativos, exceto ω , apresentando os sinais corretos. A soma dos coeficientes α_1 e β_1 foi igual a 0,9696, indicando alta persistência, ou seja, um choque na série dos retornos do café levará muito tempo para dispersar. O valor do coeficiente de reação ($\alpha_1 = 0,2231$) sugere que os retornos têm baixa volatilidade.

O modelo *EGARCH (1,1)* fornece evidência de assimetria na volatilidade dos retornos do café, dado que o coeficiente do termo $\varepsilon_{t-1}/\sigma_{t-1}$ mostrou-se significativo, indicando que choques positivos e negativos têm impacto distinto sobre a volatilidade. Contudo, o sinal positivo obtido na estimação para o termo sugere que não há efeito, alavancagem na série de retornos. O coeficiente de reação não se mostrou significativo, entretanto, o parâmetro de persistência ($\beta_1 = 0,9271$) é elevado e estatisticamente significativo, confirmando que os choques da volatilidade serão lentamente dispersados ao longo do tempo.

Tabela 07 - Resultados das estimações dos modelos (café – retornos mensais)

Especificação	Estimativas			
	<i>ARMA (1, 0)</i>	<i>ARMA (1, 0)</i>	<i>ARMA (1, 0)</i>	<i>ARMA (1, 0)</i>
<i>Média</i>				
<i>Constante</i>	--	--	--	--
<i>AR (1)</i>	0,2123 (0,0055)	0,1885 (0,0114)	0,2292 (0,0015)	0,1822 (0,0123)
<i>Variância</i>	<i>ARCH (1)</i>	<i>GARCH (1, 1)</i>	<i>EGARCH (1, 1)</i>	<i>TGARCH (1, 1)</i>
ω	0,0032 (0,0000)	0,0002 (0,2521)	-0,4037 (0,2257)	0,0002 (0,3146)
ε_{t-1}^2	0,2122 (0,0454)	0,2231 (0,0079)		0,1852 (0,0492)
σ_{t-1}^2		0,7465 (0,0000)		0,7769 (0,0000)
$d_{t-1}\varepsilon_{t-1}^2$				-0,0887 (0,6209)

$ \varepsilon_{t-1} / \sigma_{t-1} $	0,0768 (0,1792)			
$\varepsilon_{t-1}/\sigma_{t-1}$	0,3116 (0,0082)			
$\ln(\sigma_{t-1}^2)$	0,9271 (0,0000)			
Testes de Normalidade dos Resíduos (p-value da distribuição qui-quadrado)				
<i>Box – Pierce</i>	0,2800	0,2242	0,2623	0,2082
<i>Ljung – Box</i>	0,2365	0,1863	0,2198	0,1721

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações.

Já no modelo *TGARCH* (1,1) os coeficientes de assimetria, assim como a constante, não se mostraram significativos. O fato do coeficiente do termo $d_{t-1}\varepsilon_{t-1}^2$ ser estatisticamente igual a zero expressa resultados simétricos quanto aos choques na volatilidade, ou seja, segundo os resultados do modelo, choques provocarão variações positivas e negativas de mesma magnitude na volatilidade. A reação captada pelo modelo pode ser considerada baixa, enquanto a persistência de choques é elevada, demonstrando que choques de volatilidade nos retornos do café demoram a dissipar-se ao longo do tempo.

Os resultados empíricos sugerem que a volatilidade dos retornos do café pode apresentar sinais de assimetria, visto que esse efeito foi captado pelo modelo *EGARCH*, mas não pelo modelo *TGARCH*. Uma análise mais apurada pode identificar especificações para a média e variância condicionais que consigam captar de forma significativa esse efeito. Verificou-se, também, que choques sobre a série temporal dos retornos tendem a repercutir por longos períodos. A situação do mercado cafeeiro nos últimos anos fornece evidências a favor deste resultado, pois parece ter havido um choque de oferta positivo que derrubou o preço. O efeito de tal choque sobre a volatilidade, pelos resultados empíricos, tende a levar vários períodos para dissipar-se.

Dessa forma, pode-se sugerir que a utilização de instrumentos de *hedging* baseados no mercado podem se constituir em estratégias interessantes diante da grande volatilidade e persistência acentuada de choques sobre a volatilidade verificada para os retornos da *commodity* estudada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A motivação para este trabalho consistiu em aplicar os modelos de volatilidade condicional univariados *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (*ARCH*), *Generalized ARCH* (*GARCH*), *Exponential GARCH* (*EGARCH*) e *Threshold GARCH* (*TGARCH*) à série temporal dos log-retornos dos preços recebidos pelos produtores de café no mercado brasileiro, analisando os parâmetros estimados de reação, persistência e assimetria, além de identificar possibilidades de alavancagens da série em cada modelo. Essa análise do padrão da volatilidade dos retornos gerados por esta *commodity* possui implicações importantes relacionadas à formulação de políticas para o setor cafeeiro e desempenho econômico do país.

Os resultados obtidos apontaram sinais de que a volatilidade dos retornos do café pode apresentar sinais de assimetria, mas, ainda são necessárias novas alternativas de identificação para corroborar essa possibilidade. Uma análise mais apurada pode identificar especificações para a média e variância condicionais que consigam captar de forma significativa esse efeito.

Quanto à resposta da série temporal dos retornos dos preços do café, verificou que a série temporal dos retornos tende a repercutir os efeitos desses choques por longos períodos, corroborando a situação do mercado cafeeiro nos últimos.

REFERÊNCIAS

- ARARIPE, L. O. A volatilidade preço no mercado de café. **Revista do Café**. São Paulo, jun. 2014. Disponível em: <http://www.cccrj.com.br/revista/850/04.pdf>. Acesso em: 6 set. 2019.
- BOLLERSLEV, T. Generalized Autorregressive Conditional Heteroskedasticity. **Journal of Econometrics**, v. 31, p. 307-327, 1986.
- BUENO, R. L. S. **Econometria de Séries Temporais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- ENGLE, R. F. Autorregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 987-1007, 1982.
- GONÇALVES, V. Café aparece como a segunda bebida mais consumida pelos brasileiros. Consumidormoderno.com.br, 6 jun. 2018. Disponível em: <https://www.consumidormoderno.com.br/2019/05/21/cafe-aparece-como-a-segunda-bebida-mais-consumida-pelos-brasileiros/#targetText=Um%20levantamento%20in%C3%A9dito%20feito%20pela,x%C3%ADcaras%20de%20caf%C3%A9%20por%20dia>. Acesso em: 5 set. 2019.
- GRÃO GOURMET. As 10 bebidas mais consumidas no mundo. **Graogourmet.com**, 11 out. 2018. Disponível em: <https://www.graogourmet.com/blog/bebidas-mais-consumidas-mundo>. Acesso em: 6 set. 2019.
- HERRMANN, R. The Effects of Partial International Price Stabilization on the Stability of National Export Earnings. **The Developing Economies**, v. 21, p. 207-224, 1983.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.
- NUNES, R.; SAES, M. S. M.; BRANDO, J. A. A volatilidade das cotações de café nas bolsas internacionais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2004.
- REVISTA GLOBO RURAL. Café sobe com o mercado olhando para o clima no Brasil. **Revistagloborural.globo.com**, São Paulo, 2 jun. 2019, 12:46. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/Cafe/noticia/2019/06/cafe-sobe-com-mercado-olhando-para-o-clima-no-brasil.html>. Acesso em: 6 set. 2019.
- SWARAY, R. B. Volatility of Primary Commodity Prices: Some Evidence from Agricultural Exports in Sub-Saharan Africa. **Discussion Papers in Economics**, n. 2002/06, University of York, 2002.
- TSAY, R. S. **The Analysis of Financial Time Series**. New York: J. WILEY, 2002.