

Anna Karolyna Silva¹
ORCID: [0000-0001-7572-5928](https://orcid.org/0000-0001-7572-5928)

Geraldo Edmundo Silva Junior²
ORCID: [0000-0002-7110-4689](https://orcid.org/0000-0002-7110-4689)

¹ Mestre em Economia pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)
annakarolyna.ssilva@gmail.com

² Doutor em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor Associado do Programa de Pós-Graduação em Economia (UFSCAR)
gedmundos@ufscar.br

RESUMO

Os choques econômicos dos anos setenta e oitenta, bem como a alteração das condições dos mercados, afetaram sensivelmente a volatilidade dos preços de muitas *commodities*. A volatilidade dos preços de *commodities* como o açúcar, o café e a soja, demanda um estudo sobre a ocorrência de bolhas e a sua respectiva caracterização. Para tal, o presente trabalho utilizou a metodologia do GSADF com as simulações de *Monte Carlo* (MC) e *Wild Bootstrapping* (WB) e com a inclusão de um parâmetro de tendência, visando a análise das *commodities*, para o período entre janeiro de 1964 e dezembro de 2016. Os resultados mostraram a ausência de bolhas para a soja, por se tratar de uma commodity mais líquida. Para o açúcar, foram identificadas, em média, cinco bolhas sendo que os períodos foram mais longos para o WB com tendência e mais longos para o MC com tendência. Para o café, os períodos foram mais longos para as simulações sem tendência. Concluiu-se que os mercados do café e do açúcar estão sujeitos à volatilidade, o que não foi observado para a soja. Ainda, o uso da tendência reduz a ocorrência de bolhas por considerar o longo prazo dos mercados.

Palavras-chave: Econometria; Modelos de Séries Temporais; Preços, Flutuações e Ciclos; Mercados de *Commodities*

ABSTRACT

The process of changing market conditions, due to the seventies and eighties shocks, and changing conditions in the domestic and international markets, in subsequent years, significantly affected the price volatility of many commodities. The volatility of the prices of essential commodities such as sugar, coffee, and soybean demand the study of the bubbles inception and burst characterization. The present work used the GSADF methodology for Monte Carlo (MC) and Wild Bootstrapping (WB) simulation structures to the period from January 1964 to December 2016. The results showed the absence of bubbles for soybeans, as it is a more liquid commodity. Sugar presented an average of five bubbles, with the periods being longer for the WB with a trend and more extended for the MC with a trend. For coffee, the periods were longer for simulations without a trend. It concluded that sugar and coffee commodities presented bubbles.

Keywords: Econometrics; Time-Series Models; Prices, Business Fluctuations, and Cycles; Commodity Markets

Código JEL: B23; C32; E3; Q02

Recebido em: 17/08/2021

Aceito em: 29/09/2022

INTRODUÇÃO

O colapso do Sistema de *Bretton-Woods* marcou o fim de uma era de estabilidade cambial e, conseqüentemente, de estabilidade de preços de ativos e de *commodities*. Após aquele colapso, o Primeiro e o Segundo Choque do Petróleo, ainda nos anos setenta, e a Crise Internacional dos Juros em 1979, marcaram uma nova trajetória para os preços das principais *commodities* nos mercados internacionais. Aliado aos efeitos externos, inúmeras crises domésticas, dentre elas os efeitos sobre o balanço de pagamento nos anos setenta e a crise da dívida no início dos anos oitenta acabaram descolando as estruturas de demanda e oferta. Estas, então, mostraram-se mais susceptíveis aos choques de demanda e de oferta nos mercados internos e externos, passando a apresentar elevada volatilidade e, conseqüentemente, bolhas nas principais *commodities* negociadas no mercado internacional. Na segunda metade dos anos noventa, ocorreu um excesso de oferta associado à expansão das áreas de produção e aos avanços tecnológicos afetando os preços e causando elevada volatilidade. No início anos 2000, a partir da inserção da China na OMC, ocorreu uma elevação da demanda e oferta mundiais para muitos produtos e, com a nova política regulatória sobre os derivativos, fez com que a demanda por inúmeras *commodities* sofresse mudanças mais bruscas (SUKUP, 2002; BRUNNERMEIER; OEHMKE, 2013).

Diante disso, a base teórica do que se convencionou chamar bolhas racionais foi iniciada com o trabalho de Blanchard e Watson (1982). Os autores propuseram que o desvio entre o preço fundamental e o preço de mercado ocorreria quando as expectativas mantivessem o preço de mercado acima do componente principal no futuro. Portanto, justifica-se o uso do termo “racional” devido à presença do componente consistente com a teoria das expectativas racionais e retornos constantes.

Dada a criação de um modelo básico, inúmeros aperfeiçoamentos foram realizados e, em cada nova modelagem, uma estrutura mais robusta e próxima ao mercado real era obtida. De uma perspectiva diversa, a volatilidade dos preços das *commodities* tem impulsionado o interesse recente e uma quantidade substancial de trabalhos teóricos e empíricos tem sido produzida, mesmo com alguns resultados ainda inconclusivos. Dentre essas contribuições, citam-se os trabalhos de Hamilton (2009), Liu e Tang (2010), Phillips e Yu (2011), Emekter, Jirasakuldech e Went (2012), Gutierrez (2013), Etienne, Irwin e Garcia (2014), entre outros, que analisaram bolhas racionais nos mercados de *commodities*, utilizando-se da abordagem de testes de raízes unitárias robustos.

Apesar da importância do tema, a literatura para o Brasil é escassa e carece de especificações mais adequadas sobre a estrutura das bolhas. Etienne, Irwin e Garcia (2014) estudaram vários mercados futuros para inúmeras *commodities*. Embora pouco direcionamento sobre a estrutura das bolhas tenha sido postulado, o trabalho compreendeu um período de mais de quarenta anos de atividades nesses mercados. Ainda, o trabalho se resumiu

no procedimento tradicional de *date stamping*¹, isto é, identifica-se a bolha e seu período de duração. Tal processo auxilia na catalogação de bolhas sem um detalhamento de aspectos relevantes e determinantes da volatilidade, suas origens e características específicas.

Historicamente, três produtos se mostraram essenciais para a economia brasileira, a saber: o açúcar, o café e a soja. Tais produtos sofreram alta volatilidade nos preços devido aos choques domésticos e externos oriundos dos choques cambiais, dos choques de oferta e de fenômenos exógenos como a geada dos anos setenta. Ainda, a literatura não configurou nenhuma descrição de características estruturais das bolhas além do processo de *date stamping*.

A partir de tal escopo de estudos, o presente trabalho visa analisar os processos de bolhas, a partir dos dados do mercado internacional, para as três *commodities*. Tais produtos apresentam características muito peculiares, mas são muito sensíveis às dicotomias entre demanda e oferta e entre mercado interno e mercado externo. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo a datação e a identificação das características estruturais das bolhas para estes produtos, no período compreendido entre janeiro de 1964 e dezembro de 2016. Como objetivo secundário, o estudo utiliza o argumento para a tendência com o intuito de dirimir efeitos da expansão de mercado sobre a volatilidade, uma vez que o período analisado é superior a um ciclo de cinquenta anos, que compreenderia inovações tecnológicas, melhorias nas redes de transporte, maturação de equipamentos e expansão dos mercados.

Para tanto, o presente trabalho segue assim distribuído: a presente seção introdutória, seguida pela seção que apresenta a metodologia do teste; na terceira seção são apresentados e discutidos os principais resultados; e, finalmente, em uma última seção, são apresentadas as considerações finais.

MATERIAIS E MÉTODOS

A identificação empírica de bolhas de preços de ativos em tempo real, e mesmo em retrospecto, certamente não é uma tarefa fácil, sendo fonte de debate acadêmico e profissional por vários anos. Estratégias de detecção de bolhas foram desenvolvidas e apresentadas por Phillips, Wu e Yu (2011), PWY (2011) deste ponto em diante. Essas estratégias são baseadas em testes de raiz unitários recursivos e contínuos do *Augmented Dickey-Fuller* (ADF), que permitem detectar bolhas e marcar a data de sua ocorrência. Esses tipos de testes usam uma variação da cauda direita do teste da raiz unitária aumentada de Dickey-Fuller, onde a hipótese nula é de raiz unitária e a alternativa é de um processo levemente explosivo.

De acordo com Phillips, Shi e Yu (2015), PSY (2015) deste ponto em diante, a identificação econométrica de múltiplas bolhas, com colapso periódico ao longo do tempo, é substancialmente mais difícil do que identificar uma

¹ Termo traduzido por datação e utilizado para se referir a especificação do intervalo de tempo em que o fenômeno bolha racional ocorre.

única bolha. Segundo os autores, essa dificuldade surge da complexa estrutura não linear envolvida nas múltiplas quebras que produzem os fenômenos da bolha. Com a oscilação dos mercados, é necessário um sistema confiável para se ter uma menor taxa de ocorrência de bolhas falsas e para se evitar medidas políticas desnecessárias, em face de ocorrência de bolhas positivas, garantindo-se políticas eficazes.

PWY (2011) e PSY (2015) mostraram que o uso de testes recursivos e de rolamento resulta em maior poder na detecção de bolhas, em comparação com testes padrões em toda a amostra. PWY (2011) propuseram, então, uma estratégia de datação, que identifica os pontos de origem e término de uma bolha, com base em uma técnica de regressão regressiva. Quando há uma única bolha nos dados, sabe-se que essa estratégia de datação é consistente, como foi mostrado pela primeira vez em um trabalho de Phillips e Yu (2009).

Quando o período de amostragem inclui múltiplos episódios de exuberância e de colapso, os procedimentos de PWY (2011) podem sofrer redução de poder e causar inconsistências, deixando de revelar a existência de bolhas. Essa fraqueza do teste SADF (*Supremum ADF*) é um inconveniente particular na análise de séries temporais longas, ou na rápida mudança dos dados de mercado, em que há suspeita de mais de um episódio de explosão. Para superar essa fraqueza e lidar com múltiplas quebras de explosão e colapso, PSY (2015) propuseram um método generalizado, o *Generalized Sup ADF* (GSADF), para testar a presença de bolhas, bem como uma técnica de regressão recursiva para marcar a data de origem e de término da bolha. O teste GSADF amplia a cobertura da amostra, alterando o ponto inicial e o ponto final da recursão em uma faixa viável de janelas flexíveis, onde o procedimento de detecção é repetido sequencialmente com a reinicialização após a detecção de cada bolha.

Especificação do modelo

O ponto de partida comum na análise das bolhas financeiras é a equação de precificação de ativos, dada pela equação (1):

$$P_t = \sum_{i=0}^{\infty} \left(\frac{1}{1+r_f} \right)^i E_t(D_{t+1} + U_{t+1}) + B_t \quad (1)$$

onde P_t é o preço de mercado do ativo, D_t é o pagamento que se recebe do ativo, r_f taxa de juros livre de risco, U_t representa os fundamentos não observáveis e B_t é o comportamento da bolha.

PSY (2011) recomendam a utilização de uma janela mínima de tamanho definida por $r_0 = 0,01 + \frac{1,8}{\sqrt{T}}$, onde a janela mínima r_0 é uma expressão que depende do tamanho da amostra T .

De acordo com PSY (2015), a equação de precificação (1) não é o único modelo a acomodar fenômenos de bolha, e há um debate profissional contínuo sobre como (ou mesmo se) incluir componentes de bolha em modelos de precificação de ativos.

Teste GSADF para bolhas

Assumindo as equações propostas por PSY (2015), com um processo de passeio aleatório e um desvio assintótico insignificante (desprezível para capturar a leve oscilação nos processos de preços, que muitas vezes são empiricamente realistas durante longos períodos históricos), tem-se, conforme a equação (2):

$$\begin{aligned} y_t &= dT^{-\eta} + \theta y_{t-1} + e_t \\ e_t &\sim N(0, \sigma^2), \theta = 1 \end{aligned} \quad (2)$$

em que: d é uma constante, η é o coeficiente que controla a magnitude do desvio à medida que o tamanho da amostra T se aproxima do infinito e e é o termo de erro.

O teste GSADF, proposto por PSY (2015), parte da ideia de utilizar repetidas regressões do teste ADF (3) em subamostras dos dados de uma maneira recursiva. No entanto, as subamostras usadas na recursão são muito mais extensas do que as do teste da SADF. Este teste generaliza o teste SADF permitindo janelas de estimativa mais flexíveis, em que, ao contrário do procedimento SADF, o ponto de partida, r_1 , também pode variar dentro do intervalo $[0, r_2 - r_0]$, conforme a equação (3). A estatística GSADF, definida pela equação (3), pode ser definida como a maior estatística ADF nesta sobre todos os intervalos possíveis de r_1 e r_2 , assim:

$$\begin{aligned} GSADF(r_0) &= \sup \{ADF_{r_1}^{r_2}\} \\ r_2 &\in [r_0, 1] \text{ e } r_1 \in [0, r_2 - r_0] \end{aligned} \quad (3)$$

O GSADF, assim como o SADF, possui:

- $H_0: \delta = 1$ e $H_1: \delta > 1$ (raiz explosiva);
- Segmentação em subamostras da amostra total;
- Testes pela cauda direita ADF.

Como mostram PWY e PSY, os procedimentos SADF e GSADF também podem ser usados, sob condições gerais de regularidade, como uma estratégia de *date-stamping* que calcula consistentemente a origem e o fim das bolhas. Em outras palavras, se a hipótese nula de qualquer um desses testes for rejeitada, podem-se estimar os pontos inicial e final de uma bolha específica (ou múltiplas bolhas).

Para o presente trabalho, buscou-se incluir um parâmetro vinculado à tendência que visa capturar os efeitos da tendência nas trajetórias de preços e como esta influência na detecção das bolhas com as premissas de que as considerações na dinâmica dos preços tendem a fazer com que os períodos de bolhas sejam diminuídos, bem como sua ocorrência.

Dados

Os dados utilizados foram extraídos do Fundo Monetário Internacional, International Financial Statistics (FMI/IFS), são *commodities*, produtos agropecuários cotados em bolsa no mercado internacional.

Conforme a Tabela 1, as séries açúcar, café e soja possuem cotação internacional - US\$ (centavos) e seu período de amostragem é de janeiro/1964 até dezembro/2016, os dados analisados são os preços desses produtos mensais. Os preços do açúcar e do café são cotados em centavos de dólar americano (US\$) por libra-peso e o preço da soja em dólar americano (US\$) por tonelada métrica.

Tabela 1: Dados e frequência

<i>Commodity</i>	Original	Cotação Internacional	Código
Açúcar	Sugar	US\$ (centavos)	IFS: 22374I.ZZF
Café	Coffee Brazil	US\$ (centavos)	IFS: 22374E.ZZF
Soja	Soybean	US\$ (centavos)	IFS: 11176JF.ZZF

Fonte: www.ipeadata.gov.br

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas as simulações de *Wild Bootstrapping* e de *Monte Carlo* com tendência com um *lag* de defasagem e sem tendência, utilizando uma defasagem. Para a análise de bolhas nessa amostragem é considerado o período mínimo de quatro meses, conforme PWY (2015), para os autores esse valor de tempo é importante para que a bolha tenha uma duração economicamente significativa. Os valores encontrados apenas nas saídas das estatísticas não são suficientes para detecção e datação dos períodos de bolha. Para isso, é necessário comparar com os valores críticos obtidos a partir das simulações.

O primeiro sinal da ocorrência de uma bolha é corroborado quando o valor da estatística GSADF supera os valores críticos encontrados nas simulações. Dessa forma, com os resultados das Tabelas 2 a 8, verifica-se inicialmente que na simulação realizada *Monte Carlo* para as três commodities foram detectadas bolhas em todos os níveis de significância. Quando realizada a simulação de *Wild Bootstrapping*, o açúcar apresentou características de bolhas para os níveis de 5% e 10%, o café apresentou evidência de bolhas em todos os níveis e a soja não demonstrou características de bolhas em nenhum nível de significância.

Bolhas no mercado da *commodity* açúcar

Foi investigada a presença de bolhas especulativas no mercado do açúcar, durante o período de janeiro de 1964 até dezembro de 2016. As Tabelas 2 e 3 mostram as estatísticas descritivas dos resultados encontrados nas simulações de *Wild Bootstrapping* com tendência e sem tendência, respectivamente.

Para identificar um período de bolha, a partir das estimativas do teste GSADF, PSY (2015) recomendam que seja considerado um período de comportamento explosivo nos preços aquele que tiver duração superior a

$\log(T)$, T é o tamanho da amostra. Portanto, um período de bolha foi identificado quando o valor calculado da estatística GSADF foi superior ao valor crítico do teste por, no mínimo, quatro meses consecutivos, ou seja, quando a hipótese nula foi rejeitada continuamente neste intervalo de tempo.

Tabela 2: Resultados para o açúcar com a tendência - *Wild Bootstrapping*

Bolha 1 - 5 períodos					
Açúcar - GSADF - WB - Outubro/1974 até Fevereiro/1975					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0550)	Positivo	40,4582	64,1999	49,8825	31,0523
Bolha 2 - 11 períodos					
Açúcar - GSADF - WB - Dezembro/1979 até Outubro/1980					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0550)	Positivo	21,5304	40,3931	31,5934	12,7303
Bolha 3 - 6 períodos					
Açúcar - GSADF - WB - Março/2006 até Agosto/2006					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0550)	Positivo	14,3231	0,8595	15,2010	12,7578
Bolha 4 - 7 períodos					
Açúcar - GSADF - WB - Julho/2015 até Janeiro/2016					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0550)	Positivo	13,2556	0,1161	13,8676	12,8108
Bolha 5 - 6 períodos					
Açúcar - GSADF - WB - Julho/2016 até Dezembro/2016					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0550)	Positivo	17,4358	1,022	18,5870	15,9722

Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

Conforme a Tabela 2, para os casos de bolhas em uma estrutura com tendência foram observados cinco episódios cujas características são:

- (i) Todos os episódios de bolhas encontrados apresentaram sinal positivo, o que significa que o preço médio do período é maior que o preço no início da bolha;
- (ii) A duração média nessa estrutura foi de sete períodos;
- (iii) Nota-se que as bolhas até os anos oitenta apresentaram uma variância superior ao preço médio. Tal característica reflete a ocorrência de um pico de preços e o colapso posterior a níveis iguais ou inferiores ao do início do episódio; e,

- (iv) As bolhas posteriores ao ano de 2000 mostraram uma baixa variância em relação ao preço médio do período, o que evidencia que a magnitude da bolha não tenha sido elevada.

Tabela 3: Resultados para o açúcar sem a tendência - *Wild Bootstrapping*

Bolha 6 - 4 períodos					
Açúcar - GSADF - WB - Fevereiro/1974 até Maio/1974					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0550)	Positivo	18,2106	58,9028	27,0784	10,7182
Bolha 7 - 6 períodos					
Açúcar - GSADF - WB - Setembro/1974 até Fevereiro/1975					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0550)	Positivo	38,6527	70,9184	49,8825	29,6253
Bolha 8 - 8 períodos					
Açúcar - GSADF - WB - Março/2006 até Outubro/2006					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0550)	Positivo	14,3190	0,6190	15,2010	12,7578
Bolha 9 - 6 períodos					
Açúcar - GSADF - WB - Outubro/2009 até Março/2010					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0550)	Positivo	19,3806	4,8217	23,0273	16,7897

Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

A Tabela 3 apresenta os resultados sem a tendência. Na estimação, foram identificados quatro episódios e a síntese das propriedades ou características estruturais das bolhas é a seguinte:

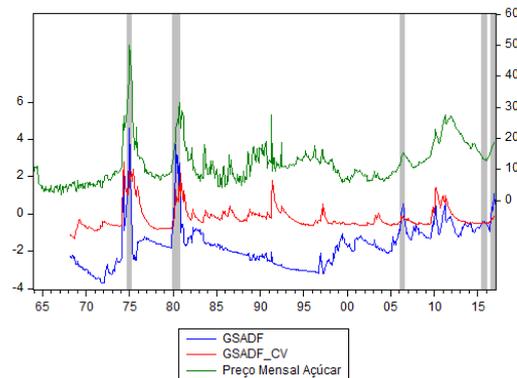
- (i) Análogo ao caso com tendência, as bolhas anteriores ao ano de 2000 apresentaram elevada variância em relação ao preço médio; e,
- (ii) A duração média dos episódios é de seis períodos evidenciando bolhas de curta duração;

Para a simulação *Wild Bootstrapping*, portanto, mais longo episódio, bolha 2, durou onze períodos, e o menor episódio ocorreu com a bolha 6, apenas quatro períodos.

As Figuras 1 e 2 mostram as limitações dos episódios explosivos. É possível observar que o período médio de duração das bolhas encontradas é parecido, ficando próximo de 6 períodos consecutivos, ocorridos nos anos de 1974/1975, 1980 e 2006, respectivamente. Foi possível realizar a datação de 10 episódios de bolhas, quando analisamos as simulações de *Wild Bootstrapping*, os episódios de bolhas 2 e 9 apresentaram a mesma quantidade de períodos, o total de 8 períodos consecutivos, mas os intervalos de tempo foram diferentes, na simulação com tendência, o maior

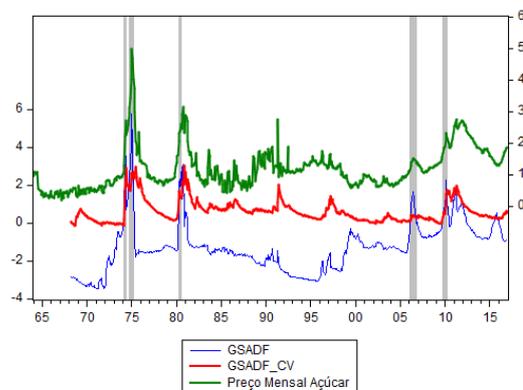
episódio ocorreu de março a outubro de 1980, quando feito sem tendência o ocorrido foi coincidentemente de março a outubro de 2006.

Figura 1: Teste GSADF para o açúcar – WB com tendência



Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

Figura 2: Teste GSADF para o açúcar – WB sem tendência



Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

Uma explicação para o episódio ocorrido em 1980 pode ser reflexo do ocorrido em 1979, com a segunda crise do petróleo e o choque de juros, foi necessário o aumento da produção açucareira como fomento à produção e consumo do álcool como fonte de energia. Em 2006, com o mercado açucareiro mais eficiente, a produção brasileira batera recorde para atender à crescente demanda nacional e internacional de álcool.

Uma discussão importante acerca da existência de bolhas nas amostras é a interação que o agente tem com as informações do mercado, segundo Etienne, Irwin e Garcia (2014), dada a existência de bolhas, os formuladores de políticas certamente estão interessados em saber quanto tempo os episódios de bolha tendem a durar e como rápido a bolha cresce, dessa forma eles são capazes de tomarem decisões de mercado.

As Tabelas 4 e 5 mostram os resultados obtidos através da simulação de *Monte Carlo* com tendência e sem tendência. Nessa simulação foram encontrados 11 episódios de bolhas e todos eles apresentaram o sinal positivo.

Tabela 4: Resultados para o açúcar com a tendência – *Monte Carlo*

Bolha 10 – 7 períodos					
Açúcar – GSADF – MC – Fevereiro/1974 até Maio/1974					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0000)	Positivo	36,8210	82,5838	49,8825	25,8310
Bolha 11 – 9 períodos					
Açúcar – GSADF – MC – Fevereiro/1980 até Outubro/1980					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0000)	Positivo	23,4886	29,0539	31,5934	15,7081
Bolha 12 – 4 períodos					
Açúcar – GSADF – MC – Abril/2006 até Julho/2006					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0000)	Positivo	14,5580	0,4117	15,2010	13,8129
Bolha 13 – 4 períodos					
Açúcar – GSADF – MC – Janeiro/2011 até Abril/2011					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0000)	Positivo	26,1882	1,2557	27,6067	25,2427
Bolha 14 – 6 períodos					
Açúcar – GSADF – MC – Outubro/2009 até Março/2010					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
4,6195 (0,0000)	Positivo	17,7285	0,6349	18,5870	16,7331

Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

Conforme a Tabela 4, para os episódios com a simulação de *Monte Carlo* com tendência, foram identificadas as características seguintes:

- (i) A ocorrência de cinco episódios;
- (ii) O tempo médio das bolhas foi de seis períodos;
- (iii) Todos os episódios apresentaram sinal positivo;
- (iv) Análogo ao procedimento de *Wild Bootstrapping*, as bolhas nos anos setenta e oitenta apresentaram variância superior à média; e,
- (v) O episódio mais longo foi de nove períodos e o mais curto foi de apenas quatro períodos.

Tabela 5: Resultados para o açúcar sem a tendência - *Monte Carlo*

Bolha 15 - 13 períodos					
Açúcar - GSADF - MC - Março/1974 até Março/1975					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
5,7489 (0,0300)	Positivo	31,2789	113,0641	49,8825	12,9958
Bolha 16 - 7 períodos					
Açúcar - GSADF - MC - Abril/1980 até Outubro/1980					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
5,7489 (0,0300)	Positivo	25,6399	14,4214	31,5934	20,4170
Bolha 17 - 5 períodos					
Açúcar - GSADF - MC - Abril/2006 até Agosto/2006					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
5,7489 (0,0300)	Positivo	14,6362	0,3393	15,2010	13,8129
Bolha 18 - 7 períodos					
Açúcar - GSADF - MC - Novembro/2009 até Maio/2010					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
5,7489 (0,0300)	Positivo	20,1998	2,9983	23,0273	18,2480
Bolha 19 - 6 períodos					
Açúcar - GSADF - MC - Dezembro/2010 até Maio/2011					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
5,7489 (0,0300)	Positivo	25,5422	2,098	27,6067	23,3235
Bolha 20 - 8 períodos					
Açúcar - GSADF - MC - Julho/2011 até Fevereiro/2012					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
5,7489 (0,0300)	Positivo	26,3108	0,5171	27,2205	25,1939

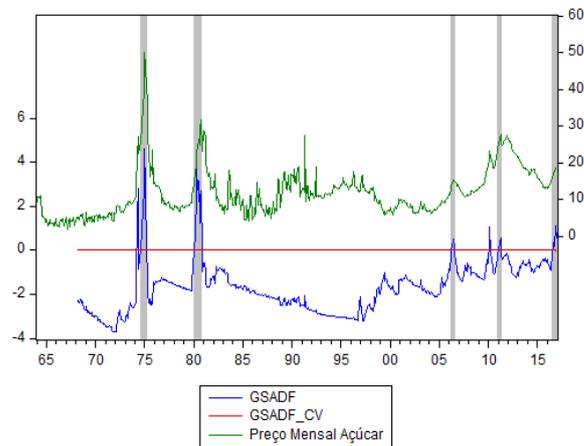
Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

Os resultados para o caso sem tendência para o açúcar indicaram a ocorrência de seis episódios, conforme a Tabela 5. As características detectadas foram as seguintes:

- (i) O tempo médio foi de oito períodos;
- (ii) Apenas a primeira bolha, bolha de número 15, compreendendo o período de março de 1974 até março de 1975 apresentou variância superior ao preço médio;
- (iii) Os demais episódios apresentaram variância inferior ao preço médio;
- (iv) Todas as bolhas apresentaram sinal positivo; e,
- (v) O episódio mais longo foi superior ao limite de um ano, identificado com 13 períodos.

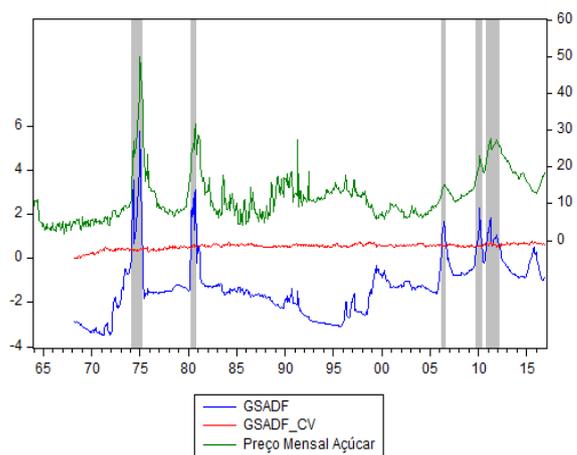
As Figuras 3 e 4 mostram que, com a simulação de *Monte Carlo*, ocorreram quatro episódios de bolhas semelhantes, nos anos de 1974/1975, 1980, 2006 e 2011, a média de períodos de bolhas com tendência, foram de seis períodos e para sem tendência foram de oito períodos.

Figura 3: Teste GSADF o açúcar - MC com tendência



Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

Figura 4: Teste GSADF para o açúcar - MC sem tendência



Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

Observou-se que a inclusão do termo de tendência implicou em um menor número de episódios explosivos do que nos casos sem a tendência. A justificativa é que a inclusão consiga capturar parte da evolução do mercado representado por alterações nas estruturas de demanda e de oferta, bem como inovações nos nodais de transporte e alterações tecnológicas.

Uma análise que pode ser feita nessa simulação é o fato de que quando feito com o coeficiente tendencioso, apresentou menos episódios explosivos e esses foram mais curtos do que os encontrados na simulação sem tendência. O maior episódio encontrado foi o episódio 16, que apresentou 15 períodos, começando em março de 1974 e terminando em maio de 1975.

No mercado do açúcar observa-se que a quantidade maior de episódios de bolhas foram entre os anos de 1970 e 1980, isso pode ser correlacionado ao período em que houve um crescimento do setor da agroindústria canavieira, de acordo com Silva (1983), a economia do açúcar nesse período baseou-se em fixação de preços para os produtos da agroindústria e de cotas de produção para os agentes envolvidos; políticas de comercialização interna e externa tanto nos seus aspectos financeiros quanto logísticos; programas de pesquisa e desenvolvimento visando melhorias tecnológicas transformáveis em redução de custos e programas de investimento com recursos do setor ou a ele transferidos via subsídios.

Bolhas no mercado da *commodity* café

O café se configura como a principal *commodity* transacionada nas bolsas de futuros do Brasil, respondendo por mais da metade do volume total de contratos agropecuários negociados, em termos de número de negócios e de recursos movimentados (Lamounier, 2001).

Os dados analisados vão de 1964 até 2016, o que possibilitou a análise dos ciclos nos preços do café. A análise feita apresentou comportamento diferenciado na amostra, o que implicaria mudanças estruturais no comportamento cíclico da série analisada. Segundo Lamounier (2001), isso poderia ter ocorrido em função de fatores particulares referentes a cada década, como: impactos de novas tecnologias sobre o processo produtivo do café; mudanças nas políticas agrícolas de tempos em tempos; mudanças nas relações concorrenciais no mercado internacional entre os agentes atuantes no setor cafeeiro; e, particularmente na década de 90, possíveis mudanças provocadas pelo início das negociações de contratos futuros de café na Bolsa de Mercadorias e Futuros Brasileira (BM&F).

Os resultados gerados nas duas simulações mostraram 11 episódios de bolhas durante a amostra analisada, conforme as tabelas 6, 7, 8 e 9. As Tabelas 7 e 8 mostram os resultados obtidos na simulação de *Wild Bootstrapping* com e sem tendência. Nessa simulação apresentou um episódio de bolha nos dois procedimentos entre os anos de 1976 e 1977, no procedimento sem tendência apresentou ainda dois outros episódios nos anos de 2011.

A Tabela 6 sintetiza os resultados dos episódios para o café e compreende a simulação de *Wild Bootstrapping* para o caso de inclusão da tendência. Para a *commodity*, foram identificados apenas dois episódios, a saber: o primeiro vinculado ao período entre julho de 1976 até setembro de 1977, com a duração de 16 períodos; e o segundo entre maio de 1994 e novembro de 1997, com a duração de sete períodos. Em ambos os episódios, a variância

foi superior aos preços médios nos intervalos das bolhas, o que evidencia sua volatilidade.

Tabela 6: Resultados para o café com a tendência – *Wild Bootstrapping*

Bolha 21 – 16 períodos					
Açúcar – GSADF – WB – Junho/1976 até Setembro/1977					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
8,4309 (0,0030)	Positivo	184,9253	3391,5183	292,0720	118,4300
Bolha 22 – 7 períodos					
Açúcar – GSADF – WB – Maio/1994 até Novembro/1994					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
8,4309 (0,0030)	Positivo	127,9328	1305,661	164,307	76,7301

Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

A Tabela 7 apresenta os resultados para o caso sem a tendência onde foram identificados três episódios. A duração média foi de nove períodos e apenas o primeiro, representado pela bolha 23, apresentou a variância superior à média dos preços ao longo do episódio.

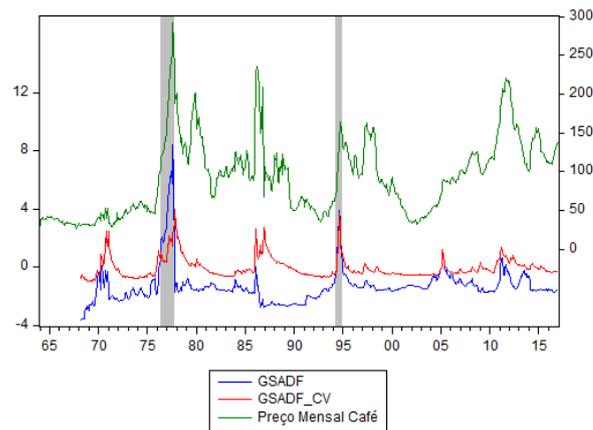
Tabela 7 – Resultados para o café sem a tendência – *Wild Bootstrapping*

Bolha 23 – 18 períodos					
Açúcar – GSADF – WB – Abril/1976 até Setembro/1977					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
9,9946 (0,0000)	Positivo	175,5740	3733,446	292,0720	118,4300
Bolha 24 – 7 períodos					
Açúcar – GSADF – WB – Fevereiro/2011 até Maio/2011					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
9,9946 (0,0000)	Positivo	193,5745	168,1034	207,7080	176,7390
Bolha 25 – 4 períodos					
Açúcar – GSADF – WB – Agosto/2011 até Novembro/2011					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
9,9946 (0,0000)	Positivo	216,8003	17,382	220,3580	210,773

Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

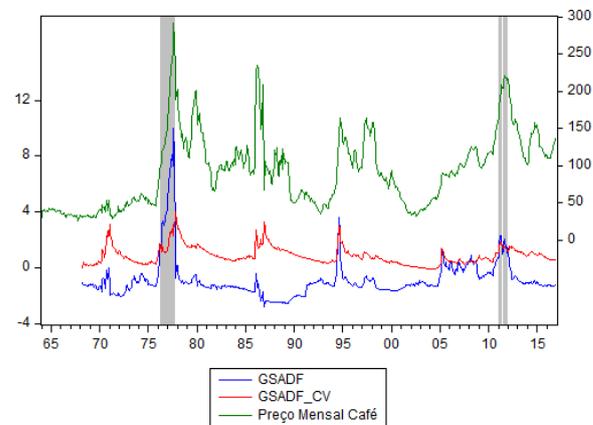
Conforme as Figuras 5 e 6, foram identificadas bolhas na simulação de *Wild Bootstrapping*, nos anos de 1976 e 1977. Foi detectado apenas um episódio de bolha em toda amostra com tendência, a mesma ocorreu por 16 períodos. A variação dos preços nesse período foi 33,9% em relação à média. Na amostra sem tendência, ocorrem três episódios de bolhas, em 2011 ocorreu uma “quebra” na bolha no mês de junho.

Figura 5: Resultados do teste GSADF para os preços do café na simulação *Wild Bootstrapping* com tendência



Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

Figura 6: Resultados do teste GSADF para os preços do café na simulação *Wild Bootstrapping* sem tendência



Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

As Tabelas 8 e 9, respectivamente, apresentam os resultados obtidos na simulação de *Monte Carlo*. Diferentemente da simulação anterior, foi identificado um maior número de episódios quando da inclusão do parâmetro tendência, além de menor duração para os episódios. No ano de 1994, os resultados foram coincidentes para as simulações com e sem a tendência.

Tabela 8: Resultados para o café com a tendência - *Monte Carlo*

Bolha 26 - 19 períodos					
Açúcar - GSADF - MC - Abril/1976 até Outubro/1977					
Estatística	Sinal	édia	Variância	Máximo	Mínimo
8.4309 (0,0030)	Positivo	178,2700	3664,137	292,0720	99,4201
Bolha 27 - 7 períodos					
Açúcar - GSADF - MC - Junho/1994 até Dezembro/1994					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
8.4309 (0,0030)	Positivo	137,4934	803,2620	164,307	90,8326
Bolha 28 - 4 períodos					
Açúcar - GSADF - MC - Fevereiro/2005 até Maio/2005					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
8.4309 (0,0030)	Positivo	84,6229	54,4788	90,4982	74,0721
Bolha 29 - 4 períodos					
Açúcar - GSADF - MC - Fevereiro/2011 até Maio/2011					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
8.4309 (0,0030)	Positivo	193,5745	168,1034	207,708	176,739

Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

A simulação de *Monte Carlo* apresentou um número maior de episódios. O caso com a tendência disponibilizou quatro bolhas com duração média aproximada de nove períodos. A bolha mais longa, bolha 26, teve a duração de 19 períodos. As ocorrências anteriores ao ano 2000 foram caracterizadas pela variância superior à média dos preços.

Conforme a Tabela 8, para os episódios com tendência foram observados quatro episódios com a duração média de praticamente nove períodos. Análogo ao caso da *commodity* açúcar, o período que antecedeu ao ano de 2000 evidenciou a característica de variância superior à média dos preços. Com a simulação verificou-se a bolha 27 com duração de 19 períodos.

Ao se excluir a tendência, foram observadas três bolhas com duração superior a 13 períodos. Conforme a Tabela 9, os episódios foram caracterizados por uma variância superior à média para todas as ocorrências.

Tabela 9: Resultados para o café sem a tendência – *Monte Carlo*

Bolha 30 – 21 períodos					
Açúcar – GSADF – MC – Fevereiro/1976 até Outubro/1977					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
9,9946 (0,0000)	Positivo	169,9760	3984,8541	292,0720	88,1065
Bolha 31 – 4 períodos					
Açúcar – GSADF – MC – Julho/1994 até Outubro/1994					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
9,9946 (0,0000)	Positivo	143,1688	781,5868	164,307	105,851
Bolha 32 – 14 períodos					
Açúcar – GSADF – MC – Fevereiro/2005 até Maio/2005					
Estatística	Sinal	Média	Variância	Máximo	Mínimo
9,9946 (0,0000)	Positivo	200,1434	407,0253	220,358	159,009

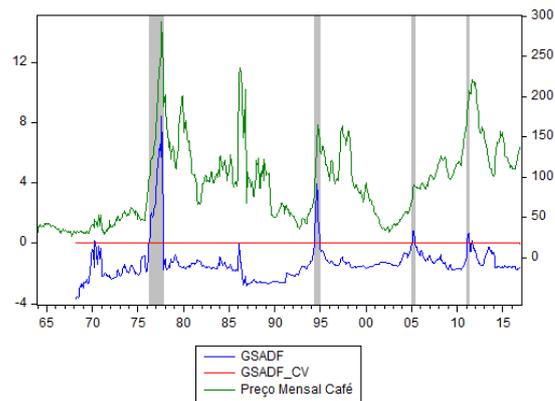
Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

Ambas as simulações evidenciaram episódios de bolhas entre os anos de 1974 até 1977, os maiores episódios de bolhas podem ser observados na simulação de *Monte Carlo*, bolha 26 e bolha 30, onde a duração da primeira foi de 19 períodos, iniciando em abril/1974 e terminando em outubro/1975, já a bolha 30 apresentou um período entre fevereiro/1976 até outubro/1977, com duração de 21 períodos.

O episódio marcante de bolhas, entre os anos de 1974 até 1977, deveu-se ao fato de elevação dos preços da *commodity* decorrente das geadas. Diferente do que vinha acontecendo nos anos anteriores, onde o preço do café oscilou pouco, e no ano de 1976, houve um aumento significativo no preço desse insumo. Conforme salienta Santos (1985) foram efetuados significativos investimentos em atividades produtivas, não somente nos países desenvolvidos, mas também em países subdesenvolvidos. No referido período, os conhecimentos da ciência e da tecnologia passaram a ser aplicados diretamente aos processos produtivos de todos os setores, inclusive da agropecuária.

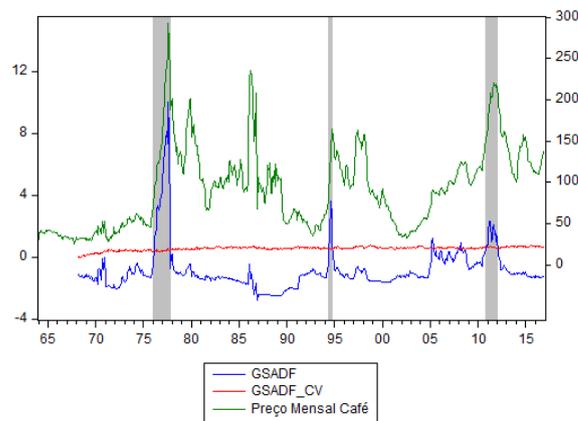
As Figuras 7 e 8 apresentam as bolhas encontradas na simulação de *Monte Carlo*, ela também apresentou episódios entre os anos de 1974 até 1977. Além disso, ficou evidenciada a bolha entre os anos de 2010 até 2012.

Figura 7: Resultados do teste GSADF para os preços do café na simulação de *Monte Carlo* com tendência



Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

Figura 8: Resultados do teste GSADF para os preços do café na simulação de *Monte Carlo* sem tendência



Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

A existência da bolha que iniciou em 2010, reflete a valorização expressiva dos preços das *commodities* durante os anos de 2003 até 2008, atingindo seu pico em julho de 2008, logo após tiveram uma brusca desvalorização, em meio à crise financeira mundial com origem no mercado de *subprime*, nos Estados Unidos. Segundo Black (2015), não se pode afirmar que a crise financeira de 2008 representou o fim desse movimento de valorização, pois os preços não somente se recuperaram da queda como, em 2011, superaram os picos anteriores – em fevereiro para os metais e em abril para as *commodities* agrícolas.

Bolhas no mercado da *commodity* soja

Quando realizado os mesmos testes para a soja, verificou-se que nenhum episódio de bolhas nesse mercado. O resultado pode estar ligado à eficiência desse mercado. Verifica-se que os mercados internacionais de grão, farelo e óleo de soja são exemplos de segmentos concentrados em que Argentina, Brasil e Estados Unidos apresentam poder de mercado, ou seja, podem aumentar lucrativamente o preço de seu produto por meio da redução da quantidade produzida deste (CORONEL et al.,2009).

Para Espindola e Cunha (2015), a soja se configura como o principal produto agrícola da pauta das exportações brasileiras e o maior responsável pelo aumento da colheita nacional de grãos. Assim sendo, a cadeia produtiva da soja é o carro-chefe da agricultura de grande escala no Brasil.

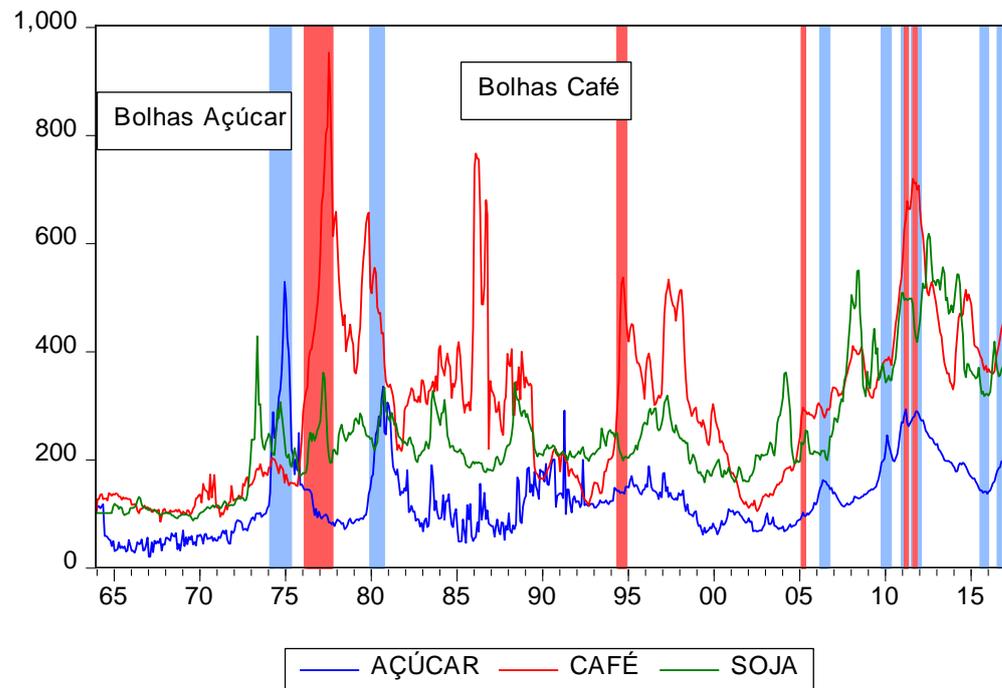
Brum e Silveira (2013) salientam a forma de especulação do mercado no período da alta do preço da soja até o pós-crise. Para os autores, além da forte especulação, sempre houve o sentimento de que a busca por grãos para a fabricação de óleos combustíveis, assim como a constante demanda chinesa, associadas a uma oferta em relativa estagnação, seriam o motor de tal movimento de aumento de preços. Ao passar dos anos ficou comprovado que este sentimento não se concretizou, limitando-se basicamente ao mercado especulativo sobre as cotações, migrando altas quantias financeiras no período. A redução destas cotações, com a ocorrência da bolha financeira da Grande Recessão em 2007/2008, confirma que a demanda por alimentos segue uma trajetória estável ao longo do tempo.

Comparativo entre os resultados obtidos nas *commodities* a partir do índice de preços

O índice de preços é uma forma de normalizar a média das relações de preços dentro de grupos ou classes específicas, nesse trabalho foi normalizado o preço das três *commodities* analisadas, para que seja possível obter uma relação entre os colapsos de bolhas encontrados, além de analisar se houve ocorrências de bolhas sobrepostas quando há variação dos preços dos produtos.

A Figura 9 considera os índices de preços, iniciados em janeiro/1964 com base=100. Ao se considerar que apenas o açúcar e o café apresentaram bolhas, nota-se que as trajetórias dos preços do café e da soja foram similares no final das séries analisadas.

Figura 9: Eventos nos índices de preços do açúcar, do café e da soja.



Fonte: Resultados obtidos pelos autores.

Durante o período pós-choque do petróleo, ocorrido em 1973, observou-se que os preços do café apresentaram preços elevados motivados pelo choque de oferta devido às geadas. Na mesma perspectiva, o café apresentou, no início da segunda metade dos anos oitenta e, também, na segunda metade dos anos noventa, picos nos preços da *commodity*. Excluindo-se os anos oitenta, o período próximo ao Plano Real foi marcado pela ocorrência de bolhas no café. Analogamente, o açúcar apresentou bolhas relacionadas ao choque do petróleo em meados dos anos setenta e, também, no início dos anos oitenta quando se buscou o uso do insumo para a produção de combustíveis.

Sequencialmente, próximo ao final do *boom* das *commodities*, foram identificadas bolhas nas commodities, marcando o período de meados da primeira década do milênio. Após a crise de 2007/2008, na virada da década, foram observadas bolhas, o que ocorreu após o final do período analisado (1964-2016).

É possível observar na Figura 9, que os preços da soja e café apresentaram uma variação parecida ao longo da amostra de dados, o açúcar não apresentou a mesma variação, a maior variação do preço do açúcar acontecer no ano de 1975, que pressupõe do reflexo da crise do petróleo em 1973, onde houve aumento pela busca do açúcar para produção de álcool para consumo energético.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não há muitas referências na literatura brasileira sobre bolhas no mercado agrícola, esse estudo buscou evidenciar os colapsos de bolhas nos mercados do açúcar, café e soja entre 1964 até 2016, além do mais esse estudo inclui uma variável de tendência na análise, onde nos mostra que essa variável é capaz de gerar novos resultados quando incluída na análise.

Ao se analisar as três *commodities*, apenas açúcar e café apresentaram episódios de bolhas no período escolhido, sendo que as duas *commodities* tiveram bolhas sobrepostas entre 1974 até 1976, isso pode ser explicado devido à crise de petróleo e a variação do real perante o dólar nesse período. A soja não apresentou nenhum colapso de bolhas, por ser um mercado altamente líquido e possui uma política de regulamentação de preços mais eficiente.

Tendo-se em vista a necessidade da análise do mercado agrícola de algumas *commodities*, para que seja possível a tomada de decisões dos agentes no mercado, tornou-se necessário o estudo dos inícios e dos colapsos de bolhas. Além disso, diferenciando-se da literatura de *date stamping*, buscou-se a caracterização estrutural das bolhas identificadas. A alta volatilidade dos preços devido às incertezas dos mercados, além de outros fatores externos, faz com que seja fundamental um planejamento de produção, no qual se requer, por exemplo, informações de mercado e gestão dos recursos que auxiliem na tomada de decisão.

Os resultados podem ser úteis para que seja possível encontrar uma relação entre os colapsos e quando os mesmos podem ocorrer simultâneos em diferentes produtos, além do mais quando considerada a variável de tempo, pode ser feito um estudo em que os episódios encontrados, ocorrem com menos períodos, se comparados com os resultados onde não foi utilizada a variável tendência.

REFERÊNCIAS

BLACK, Clarissa. Preços de *commodities*, termos de troca e, termos de troca e crescimento econômico brasileiro nos anos 2000. *Indicadores Econômicos FEE*, Porto Alegre, v. 42, n.3, p. 27-44, 2015

BLANCHARD, Olivier J.; WATSON, Mark. Bubbles, rational expectations and financial structure. In: Watchtel, P. (Ed.). *Crises in the Economic and Financial Structure*. Lexington: Lexington Books. 1982. p.295-316.

BRUM, Argemiro Luís & SILVEIRA, Daniel Claudy da. A crise financeira mundial e alguns impactos na agricultura brasileira: o caso da soja no Rio Grande do Sul. *Gestión Joven*. Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas (AECA). 2013.

BRUNNERMEIER, Markus K. & OEHMKE, Martin. Bubbles, Financial Crises, and Systemic Risk. In: CONSTANTINIDES, G.M.; HARRIS, M.; STULZ; R.M. (Ed.'s) *Handbook of the Economics of Finance*, vol. 2, Parte B, Amsterdam: Elsevier, 2013. P. 1221-1288.

CORONEL, Daniel A. Fontes de crescimento e orientação regional das exportações brasileiras do complexo soja. 2008. 112f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

EMEKTER, R., JIRASAKULDECH, B., & WENT, P. Rational speculative bubbles and *commodities* markets: Application of duration dependence test?. *Applied Financial Economics*, v.22, p.581-596. 2012.

ESPÍNDOLA, C. J.; CUNHA, R. C. C. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva de soja no Brasil e no Mundo. *Geotextos*, v. 11, n. 1, p. 217-238, Salvador, UFBA, 2015.

ETIENNE, Xiaoli L., IRWIN, Scott H., GARCIA, Philip. Bubbles in food *commodity* markets: Four decades of evidence. *Journal of International Money and Finance*, v.42, p. 129-155, 2014.

GUTIERREZ, Luciano. Speculative bubbles in agricultural *commodity* markets. *European Review of Agricultural Economics*, v.40, n.2, p.217-238, 2013.

HAMILTON, James. Causes and consequences of the oil shock of 2007-2009. *Brookings Papers on Economic Activity*, v.40, p.215-261. 2009.

LAMOUNIER, Wagner M. Comportamento dos preços no Mercado "spot" de café do Brasil: análise dos domínios do tempo e da frequência. 2001. 207f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

LIU, P., & TANG, K. Bubbles in the *commodity* asset class: Detection and sources! Working Paper Center for Real Estate and Finance, Cornell University. 2010.

PHILLIPS, P. C., & YU, J. Dating the timeline of financial bubbles during the subprime crisis. *Quantitative Economics*, v.2, p.455-491. 2011.

PHILLIPS, P. C.; SHI, S.; YU, J. Testing for multiple bubbles: Historical episodes of exuberance and collapse in the S&P 500. *International Economic Review*, v. 56, n. 4, p. 1043-1078, 2015.

PHILLIPS, P. C.; WU, Y.; YU, J. Explosive behavior in the 1990s Nasdaq: When did exuberance escalate asset values? *International Economic Review*, v. 52, n. 1, p. 201-226, 2011.

SANTOS, Milton. *Espaço e método*. São Paulo: Ed. Nobel, 1985.

SILVA, Salomão L. Quadros da. O crescimento da lavoura canavieira no Brasil na década de 70. *Revista Brasileira de Economia*. v.37, n.1, p.39-54, 1983.

SUKUP, Viktor. A China frente à globalização: desafios e oportunidades. *Revista Brasileira de Política Internacional*, v. 45, n.2, p.82-113, 2002.