

COMPORTAMENTO DOS PREÇOS DO ETANOL BRASILEIRO: DETERMINAÇÃO DE VARIÁVEIS CAUSAIS

André Assis de Salles

Escola Politécnica - Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia – Bloco F – sala F 101 – Ilha do Fundão – Rio – Brasil
e-mail: as@ufrj.br

Igor da Silva Alves

Escola Politécnica - Universidade Federal do Rio de Janeiro
e-mail: igor.alves@poli.ufrj.br

RESUMO

O conhecimento do comportamento dos preços do etanol produzido no Brasil pode vir a proporcionar indicadores úteis para o planejamento econômico e para o planejamento energético determinantes na elaboração de políticas públicas. Assim muitas pesquisas relacionadas à produção e comercialização do etanol produzido no país foram desenvolvidas nas últimas décadas. Este trabalho tem por objetivo estudar a relação de dependência das séries temporais de retornos do álcool hidratado, produzido no Brasil com os retornos dos preços praticados no mercado brasileiro de açúcar, no mercado de etanol norte-americano e no mercado internacional de petróleo bruto. Essa relação de dependência é estudada através de testes de cointegração, de testes de causalidade e da análise de regressão. As informações utilizadas neste trabalho são de dados semanais em dólares norte-americanos e correspondem ao período de 24 de março de 2005 até 7 de dezembro de 2012. Os resultados obtidos indicam a existência de uma relação de dependência do álcool hidratado com os preços do açúcar, do etanol negociado no mercado norte-americano, e do petróleo bruto do tipo WTI.

PALAVRAS CHAVE. Etanol. Cointegração. Causalidade. Modelos de Regressão.

Área principal: Estatística. PO na Agricultura e Meio Ambiente. PO na Área de Energia.

ABSTRACT

The knowledge of the behavior of prices of ethanol produced in Brazil may provide useful indicators for economic planning and energy planning important to determine public policies development. Therefore many researches related to the production and commercialization of ethanol produced in Brazil was developed in recent decades. This work aims to study the dependence of the returns time series returns of hydrated alcohol produced in Brazil with the price returns of Brazilian sugar market, ethanol market in the U.S. and crude oil international market. This dependency relationship is studied through cointegration tests, causality tests and regression analysis. The information used in this study consisted of weekly data in U.S. dollars and correspond to the period from 24 March 2005 to 07 December 2012. The results indicate the hydrated alcohol dependence relationship with sugar prices, ethanol traded in the U.S. market, and crude oil WTI.

KEYWORDS. Ethanol. Cointegration. Causality. Regression Models.

Main area: Statistics. OR in Agriculture and Environment. OR in Energy.

1. Introdução

A utilização de fontes de energia renováveis, ou que não dependem de combustíveis fósseis, e que proporcionem energia de forma limpa sustentável é o que tem se procurado nas últimas décadas. Além disso, muitos trabalhos têm mostrado que os biocombustíveis reduzem emissões de CO² sendo, portanto, uma excelente alternativa aos combustíveis fósseis para o controle de emissão de gases. Desse modo, a produção e comercialização do etanol têm ocupado papel de destaque dentre os fatores relevantes para o planejamento energético de muitos países. No Brasil, importante produtor de etanol, isto não acontece de forma diferente. Estudos relacionados com a produção e comercialização do etanol no Brasil têm sido desenvolvidos por acadêmicos e participantes desse mercado, mesmo os que de forma indireta estão ligados de algum modo a esse mercado.

O conhecimento do comportamento dos preços do etanol produzido no Brasil pode vir a proporcionar indicadores úteis para o planejamento econômico e para o planejamento energético determinantes na elaboração de políticas públicas. Assim muitas pesquisas relacionadas à produção e comercialização do etanol produzido no país foram desenvolvidas nas últimas décadas. Em muitas dessas pesquisas a comercialização do açúcar é estudada visando verificar sua relação com a produção e comercialização do etanol produzido e comercializado no Brasil, enquanto outras pesquisas procuram relacionar a produção e comercialização com outras fontes de energia ou estabelecer modelos para previsão de preços. Medeiros *et al.* (2006) analisam a evolução dos preços da cana-de-açúcar, do açúcar e do álcool hidratado, verificando as tendências, sazonalidades e o comportamento de cada produto ao longo do período de julho de 2005 a junho de 2006, mostrando que através de modelos de previsão adequados podem-se obter bons resultados. Walter e Rosillo-Calle (2006) destacam que a produção de etanol no mundo aumentou significativamente nos últimos anos. Segundo Walter e Rosillo-Calle (2006) o Brasil maior produtor e consumidor de etanol, inicialmente de álcool anidro, expandiu sua produção após o segundo choque do petróleo incluindo o álcool hidratado para ser usado como combustível puro em motores modificados. Mais recentemente Wolff e Souza (2013) utilizaram métodos econométricos para elaboração de um estudo que procura analisar o processo de transmissão e a influência do preço do açúcar no etanol produzido no Brasil. Os resultados apresentados por Wolff e Souza (2013) mostram que os preços do álcool e do açúcar são correlacionados. Além disso, Wolff e Souza (2013) utilizando modelos vetoriais autoregressivos verificaram a relação de causalidade entre os preços do etanol e do açúcar negociados no mercado brasileiro e a existência de cointegração dos preços do etanol americano e do milho produzido no Brasil. E dessa forma, o trabalho de Wolff e Souza (2013) indica que o preço do etanol americano gera aumento dos preços dos alimentos no mercado brasileiro.

Este trabalho tem por objetivo estudar a relação de dependência das séries temporais de preços e retornos do etanol, ou do álcool hidratado, produzido no Brasil com os preços praticados nos mercados de açúcar, no mercado de etanol norte-americano e no mercado internacional de petróleo bruto. Essa relação de dependência é estudada através de testes de cointegração, testes de causalidade e da análise de regressão.

O restante deste trabalho está estruturado da seguinte forma: a seção seguinte apresenta a amostra utilizada; a seção 3 apresenta a metodologia adotada; enquanto a análise dos resultados obtidos está na seção 4; e por fim na seção 5 são colocados os comentários finais deste trabalho.

2. Amostra - Dados Utilizados

Para a elaboração deste trabalho foram coletadas informações das variáveis: preço do açúcar, preço do álcool hidratado; preço do álcool anidro; e preço do etanol negociado no mercado norte-americano. Além disso, foram coletadas séries de preços do petróleo bruto dos tipos WTI e Brent negociados nos mercados internacionais, respectivamente, em Nova York e Londres. Os tipos WTI e Brent correspondem aos tipos de petróleos mais representativos do mercado internacional, sendo os preços de referência para muitos outros tipos de petróleo produzidos no mundo. Os dados referentes aos preços do açúcar e do álcool hidratado,

negociados no Brasil, foram coletados no site do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – ESALQ/USP. Enquanto os dados referentes aos preços do etanol negociado no mercado norte-americano e os preços do petróleo bruto foram obtidos, respectivamente, no Agricultural Marketing Resource Center – USDA e na Energy Information Administration – EIA, agência do governo dos Estados Unidos da América. As informações são de dados semanais em dólares norte-americanos e correspondem ao período de 24 de março de 2005 até 7 de dezembro de 2012. A partir dos dados primários foram obtidas séries temporais de retornos desses preços que foram calculados através da seguinte fórmula:

$$R_t = \text{Ln} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right),$$

onde R_t representa o retorno no período t e P_t representa o preço no período t .

A Tabela 1, a seguir, apresenta um resumo estatístico das séries de retornos dos preços utilizadas neste trabalho, todas com um número de 402 observações.

Estatística	Hidratado	Açúcar	Etanol-USA	WTI	Brent
Média	0,0016	0,0014	0,0016	0,0015	0,0020
Mediana	0,0029	0,0018	0,0038	0,0019	0,0042
Máximo	0,1811	0,1065	4,6007	0,3376	0,2230
Mínimo	-0,2463	-0,1538	-4,6107	-0,2628	-0,1541
D. Padrão	0,0432	0,0358	0,4108	0,0566	0,0494
Assimetria	-0,5585	-0,4388	-0,0046	0,1971	-0,0494
Curtose	7,1632	4,4752	88,9153	8,3983	4,1993
Teste JB	311,22	49,35	123639,10	490,73	24,25
Valor p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Teste ADF	-0,6902	-0,4415	-5,3664	-0,7289	-0,7164
Estatística t	-8,4968	-7,6116	-7,0742	-4,4235	-4,7288
Valor p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0022	0,0007

Tabela 1 – Resumo Estatístico das Séries de Retornos dos Preços

Pode se observar na Tabela 1, além do resumo estatístico, a estatística de Jarque-Bera (JB) para o teste de normalidade, seguida de seu valor p, e os resultados do teste de estacionariedade Dickey-Fuller Aumentado (ADF) com seu coeficiente, sua estatística t e o respectivo valor p. Cabe destacar que as médias e medianas se encontram próximas de zero. O retorno máximo em um dia foi dado pelo etanol negociado no mercado norte-americano seguido pelo petróleo bruto do tipo Brent, enquanto a menor variação do preço semanal foi do etanol negociado no mercado norte-americano. Quanto a variabilidade dos retornos, medida através do desvio padrão histórico, o maior valor aconteceu com o etanol negociado no mercado norte americano, seguido pelos dois tipos de petróleo bruto selecionados para este trabalho. Como se pode observar na Tabela 1, o açúcar negociado no Brasil teve uma menor volatilidade de preços no período. Cabe observar que as que todas as séries de retornos estudadas são assimétricas e leptocúrticas, indicando a não aceitação da hipótese de normalidade dos retornos. Esse fato pode

ser confirmado pelo teste de Jarque-Bera que aponta para não aceitação da hipótese de normalidade para todas as séries de retornos analisadas. Através do teste de ADF para as séries temporais de retornos pode-se aceitar a hipótese de estacionariedade uma vez que se percebe em todas as séries uma estatística t negativa elevada com valores próximos de zero indicando serem as séries analisadas estacionárias. Cabe observar que, com exceção do etanol norte americano, o mesmo não acontece com as séries temporais dos preços. Com isto a opção de se trabalhar com os retornos dos preços parece ser mais adequada para construção de modelos causais que serão descritos adiante na seção que trata da metodologia adotada.

3. Abordagem Metodológica

Com o objetivo de investigar a relação entre os retornos dos preços do etanol brasileiro, neste trabalho o álcool hidratado negociado no mercado brasileiro, e os retornos dos preços do açúcar negociado no Brasil, do etanol negociado no mercado norte americano e do petróleo bruto dos tipos WTI e Brent negociados nos mercados internacionais inicialmente forem realizados testes de cointegração. Dessa forma foram feitos testes de cointegração entre as séries temporais de retornos dos preços do etanol brasileiro e as outras séries de retornos mencionadas. Existem algumas alternativas para se testar a hipótese de cointegração entre duas variáveis, neste trabalho o teste de Engle-Granger, apresentado em Engle e Granger (1987), foi utilizado. Se a hipótese de estacionariedade da combinação linear entre duas séries temporais puder ser aceita pode-se aceitar uma relação de longo prazo entre essas duas séries. A cointegração entre duas séries temporais de retornos tem implicações relevantes. Se as variáveis envolvidas são co-integradas é possível procurar um modelo para explicar ou prever uma dessas variáveis, utilizando a outra como um regressor, ou uma variável independente. Além disso, o conhecimento de variáveis cointegradas permite o estudo de comportamento destas variáveis, utilizando um mecanismo de correção de erro em modelos vetoriais autoregressivos, ou modelos VAR. Em outras palavras, se a hipótese de cointegração entre duas variáveis pode ser aceita, a introdução de um mecanismo de correção de erro é determinante para a estimativa de qualquer modelo VAR.

Neste trabalho foi estudada, também, a causalidade dos retornos dos preços das variáveis selecionadas sobre os retornos do etanol brasileiro, ou do álcool hidratado negociado no Brasil. A relação de causalidade, em geral, se refere ao poder preditivo de variáveis defasadas de um regressor, ou de uma variável explicativa. Assim, se os retornos dos preços das variáveis selecionadas causar os retornos do álcool hidratado negociado no Brasil pode-se inferir que o retorno dessas variáveis é um previsor útil para os retornos do álcool hidratado. Introduzido por Granger (1969) na literatura econométrica, este conceito ficou conhecido como causalidade de Granger. Neste estudo, o teste de causalidade permite inferir que o regressor é uma variável interessante a ser usada como um previsor da variável resposta em questão, ou, em outras palavras, uma variável exógena interessante. A estatística de teste para a hipótese de causalidade de Granger é estatística F , mais especificamente dada pela estatística de Wald para a hipótese conjunta dos parâmetros do modelo de regressão incluídas no modelo VAR ser igual a zero. Assim, a hipótese de causalidade se refere ao poder preditivo das variáveis explicativas que são dadas aqui pelos retornos dos preço do açúcar, do etanol americano e dos dois tipos de petróleo bruto selecionados para o álcool hidratado negociado no Brasil.

De posse dos resultados dos testes de cointegração e de causalidade mencionados, foram construídos modelos estocásticos procurando explicar o comportamento dos retornos dos preços do álcool hidratado produzido no Brasil. Na construção desse modelos levou-se em consideração a violação da hipótese de normalidade e da homocedasticidade das séries temporais de retornos envolvidas neste trabalho. A distribuição t de Student foi escolhida como uma alternativa para a distribuição normal. A distribuição t de Student tem sido amplamente utilizada em outras abordagens metodológicas como alternativa à distribuição de probabilidade normal devido à atratividade apresentada pela variação de formatos dada pelo número de graus de liberdade, ou seja, pelo parâmetro dessa distribuição de probabilidade. Para contornar o problema de violação do pressuposto de homoscedasticidade, para estimativa da variância dos retornos do álcool hidratado brasileiro foram utilizados modelos autoregressivos condicionais

heteroscedásticos oriundos do modelo ARCH, proposto por Engle (1982). Neste trabalho além do modelo ARCH foram utilizados os modelos: GARCH, generalização do modelo ARCH, proposto por Bollerslev (1986); Exponencial GARCH, proposto por Nelson (1991), que permite considerar os choques assimétricos nos retornos; e IGARCH, proposto por Engle e Bollerslev (1986), um caso particular do modelo GARCH que se assemelha ao modelo de média móvel com alisamento exponencial, ou EWMA. Para um maior conhecimento das variações do modelo ARCH pode se recorrer ao glossário preparado por Bollerslev (2009). Dessa forma foram construídos diversos modelos de regressão e a seleção desses modelos foi feita procurando-se menor erro padrão da regressão, dentre os modelos com estimativas de parâmetros estatisticamente significativas, e mínimos valores dos critérios de seleção de modelos de Akaike (AIC), descrito em Akaike (1974), e de Schwarz (BIC), descrito em Schwarz (1978).

Os resultados empíricos obtidos com esta abordagem metodológica são apresentados e discutidos na próxima seção deste trabalho.

4. Análise dos Resultados Obtidos

A Tabela 2, adiante, apresenta os resultados dos testes de cointegração tendo o etanol brasileiro como variável dependente nas colunas à esquerda, e tendo o etanol brasileiro como variável independente nas colunas à direita. Através dos resultados apresentados na Tabela 2, estatísticas tau com valores muito baixos e valores p iguais a zero, pode-se inferir que a hipótese de que cada uma das séries de retornos das quatro variáveis listadas são cointegradas com os retornos do etanol brasileiro, ou com os retornos do álcool hidratado negociado no mercado brasileiro. Dessa forma essas variáveis compartilham das mesmas variações estocásticas que os retornos do álcool hidratado no longo prazo.

Variável Independente			Variável Dependente		
	Estatística τ	Valor p		Estatística τ	Valor p
Açúcar	-6,6864	0,0000	Açúcar	-8,3145	0,0000
Etanol-USA	-8,5095	0,0000	Etanol-USA	-7,2716	0,0000
WTI	-11,8662	0,0000	WTI	-10,8125	0,0000
Brent	-11,8000	0,0000	Brent	-13,1988	0,0000

Tabela 2 – Resultados dos Testes de Cointegração

Variáveis	Lags							
	2	4	5	8	10	12	15	20
Açúcar	1,6516 (0,1931)	0,8551 (0,4911)	0,7774 (0,5664)	0,6832 (0,7065)	0,6484 (0,7719)	1,2228 (0,2651)	1,2321 (0,2450)	0,9706 (0,4977)
Etanol-USA	0,1223 (0,8849)	2,3266 (0,0558)	2,0635 (0,0692)	1,8974 (0,0592)	1,6008 (0,1043)	1,3092 (0,2107)	1,2759 (0,2147)	1,0590 (0,3922)
WTI	0,7647 (0,4662)	0,8113 (0,5185)	0,6763 (0,6416)	1,4558 (0,1719)	2,2963 (0,0127)	2,2650 (0,0089)	2,1987 (0,0062)	2,2919 (0,0000)
Brent	0,3465 (0,7074)	0,5011 (0,7350)	0,4845 (0,7879)	0,4718 (0,8759)	1,7344 (0,0715)	1,7203 (0,0607)	1,9572 (0,0175)	2,0351 (0,0059)

Tabela 3 – Resultados dos Testes de Causalidade

A Tabela 3, acima, apresenta os resultados dos testes de causalidade de Granger. Neste teste a hipótese nula enuncia que os retornos de cada uma das variáveis listadas, isto é, o açúcar, o etanol americano, o petróleo do tipo WTI e o petróleo do tipo Brent, não causam no sentido Granger os retornos do etanol brasileiro. Os testes foram feitos para as várias defasagens, ou *lags*,

listados no cabeçalho da referida tabela. Quanto menor o valor p do teste F, ou a probabilidade apresentada entre parênteses abaixo da estatística de teste F, maior a probabilidade de não se aceitar a hipótese nula. Isto é, quanto menor o valor p maior a probabilidade de se aceitar a relação de causalidade. No caso dos retornos dos preços do açúcar a hipótese que está sendo testada não é rejeita no curtíssimo e curto prazo, isto é, para todas as defasagens testadas. Deve lembrar que como os dados são semanais e os testes aqui implementados apresentam defasagens de até 20 observações tem-se aproximadamente até 5 meses de defasagens de testes de causalidade. Assim pode-se inferir que os retornos do açúcar não causam no sentido Granger os retornos do álcool hidratado, resultado diferente do resultado esperado durante a elaboração deste trabalho. No caso dos retornos dos preços do etanol negociado no mercado norte-americano, somente para defasagens 4, 5 e 8 pode-se inferir que esses retornos causam os retornos do etanol negociado no Brasil ao nível de significância próximo de 5%, enquanto para defasagem 10 a mesma inferência pode ser feita mas a um nível de significância de aproximadamente 10%. Os testes com os retornos dos tipos de petróleo WTI e Brent apresentam resultados semelhantes, a hipótese dos retornos desses tipos de petróleo causar os retornos do etanol brasileiro só pode ser aceita no curto prazo, isto é, a partir de defasagens maiores do que 8, e a probabilidade disso ocorrer aumenta à medida que crescem o número de defasagens.

Dentre os modelos de regressão construídos para se verificar a relação causal das variáveis selecionadas com retornos do etanol negociado no mercado brasileiro, em um número de aproximadamente oitenta modelos, verificou-se as melhores estimativas aconteceram quando os regressores foram os retornos do açúcar, do etanol americano e do petróleo bruto do tipo WTI. Sendo a variância dada por um modelo GARCH (1,1). E o modelo selecionado foi um modelo clássico de defasagem distribuída que pode ser descrito da seguinte forma:

$$(R_t | I_{t-1}) \sim Student(\mu_t; \sigma_t^2, \nu)$$

$$\mu_t = \beta_1 R_{t-1} + \beta_2 A_t + \beta_3 A_{t-1} + \beta_4 W_{t-4} + \beta_5 E_{t-4} \quad ,$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \sigma_{t-1}^2 + \alpha_2 e_{t-1}^2$$

onde:

R_t = retorno do preço do álcool hidratado no período t ,

I_t = informação disponível até o período t ,

μ_t = média dos retornos do álcool hidratado no período t ,

A_t = retorno do preço do açúcar no período t ,

W_t = retorno do preço do petróleo do tipo WTI no período t ,

E_t = retorno do preço do etanol norte-americano no período t ,

σ_t = desvio padrão dos retornos no período t , e

$e_t = (R_t - \mu_t)$.

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	Estatística t	Valor p
β_1	0,3695	0,0407	9,0775	0,0000
β_2	-0,1982	0,0445	-4,4578	0,0000
β_3	0,4154	0,0530	7,8322	0,0000
β_4	0,0457	0,0207	2,2047	0,0275
β_5	-0,0088	0,0040	-2,2161	0,0267
α_0	0,0003	0,0001	2,7088	0,0068
α_1	0,6183	0,2283	2,7082	0,0068
α_2	0,3348	0,1039	3,2240	0,0013

Tabela 4 – Resultados da Estimação dos Parâmetros do Modelo Selecionado

A Tabela 4, acima, apresenta os resultados da estimação dos parâmetros do modelo selecionado, descrito anteriormente. Pode-se observar que todas as estimativas são estatisticamente significativas. Além disso, deve-se destacar que o erro padrão da regressão desse modelo foi de 0,0374 sendo menor erro padrão dentre todos os modelos estimados para esta pesquisa. Os critérios de seleção de modelos utilizados o AIC e BIC foram, respectivamente, -4,0355 e -3,9998. No que se refere ao pressuposto de autocorrelação dos resíduos observou, através da estatística de Durbin-Watson que o pressuposto não foi violado. O número de graus de liberdade da distribuição t de Student, utilizada aqui como alternativa a distribuição normal, teve seu valor estimado igual a 4 com valor p igual 0,0023, estimação significativa a um nível de significância menor do que 1%. Assim pode se considerar que o modelo explica bem os retornos do álcool hidratado negociado no mercado brasileiro embora o coeficiente de determinação seja baixo próximo de 30%, o que indica adicionando-se outras variáveis explicativas pode haver uma melhora na explicação da variável resposta em questão, este pode ser um modelo útil para previsão dos retornos do álcool hidratado. Entretanto, como o objetivo desta pesquisa está relacionado com a relação causal de variáveis selecionadas com os retornos do álcool hidratado pode-se inferir que as variáveis explicativas aqui utilizadas causam os retornos do álcool hidratado, com defasagens variadas. Além de um componente autoregressivo, como esperado o modelo mostra a dependência do álcool hidratado dos retornos do açúcar assim como do petróleo e do etanol negociado no mercado norte-americano com defasagem de aproximadamente um mês. Diferente do resultado obtido com os testes de causalidade realizados e apresentados neste trabalho, a utilização do modelo estimado apresenta um resultado que permite uma inferência mais realista quando aponta para importância dos retornos do açúcar na determinação dos retornos do álcool hidratado negociado no mercado brasileiro.

5. Comentários Finais

O objetivo deste trabalho foi testar a hipótese da influência de retornos dos preços de variáveis selecionadas nos retornos dos preços do etanol, ou do álcool hidratado, negociado no mercado brasileiro. Inicialmente foram feitos testes de cointegração que confirmaram a hipótese aqui testada, permitindo-se inferir sobre a existência da relação de longo prazo das variáveis selecionadas com o álcool hidratado. Os resultados dos testes de causalidade apontaram, em geral, que as variáveis selecionadas causam os retornos do álcool hidratado com diferentes instantes do tempo, isto é, com defasagens diferenciadas, no entanto o teste apresenta um resultado que deve ser melhor verificado que é rejeição da hipótese dos retornos do açúcar causarem os retornos dos preços do álcool hidratado no curtíssimo e no curto prazo. Além disso, foram elaborados modelos econométricos e dentre esses os de defasagem distribuída que permitiram se inferir serem as variáveis selecionadas relevantes para determinação dos retornos do álcool hidratado negociado no Brasil. E a partir do conhecimento do comportamento dos retornos pode-se obter o comportamento dos preços.

Desse modo pode afirmar que os resultados obtidos permitiram atingir os objetivos dessa pesquisa, mas dada a importância do tema aqui tratado outros trabalhos devem ser desenvolvidos para que se verifique outras variáveis que possam interferir ou explicar os retornos ou os preços do etanol negociado no Brasil. Outros métodos de inferência estatística ou abordagens econométricas devem ser consideradas em futuros trabalhos para se determinar outras variáveis relevantes, assim como obter melhores inferências relacionadas as variáveis selecionadas para este trabalho.

Referências

- Akaike, H.** (1974), A New Look at the Statistical Model Identification, *IEEE Transactions on Automatic Control*, AC-19, n.6, pp. 716-723.
- Bollerslev, T.** (1986), Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, *Journal of Econometrics*, v.31, n.3, pp. 307-327.

- Bollerslev, T.** (2009), Glossary to ARCH (GARCH): in Bollerslev, T., Russel, J., Watson, M. (Org.). *Volatility and Time Series Econometrics: Essays in Honor of Robert F. Engle*, Oxford University Press, Oxford, 2009.
- Engle, R.** (1982), Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of The United Kingdom Inflation, *Econometrica*, v.50, n.4, pp. 987-1007.
- Engle, R., Bollerslev, T.** (1986), Modeling the Persistence of Conditional Variances, *Econometric Reviews*, v.5, n.1, pp.1-50.
- Engle, R., Granger, C.** (1987), Cointegration and error correction: representation, estimation and testing. *Econometrica*, Vol. 55, pp. 251-276.
- Granger, C.** (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, Vol.37, No. 3, pp. 424-438.
- Medeiros, A., Souza, A., Montevechi, J., Rezende, M.** (2006), Análise e Previsão de Preços de Commodities do Setor Sucroalcooleiro. *Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP 2006*, Fortaleza, Ceará.
- Nelson, D.** (1991), Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach. *Econometrica*, v. 59, p. 347-370.
- Rosillo-Calle, F., Walter, A.** (2006), Global Market for Bioethanol: Historical Trends and Future Prospects. *Energy for Sustainable Development*, v. 10, n. 1, p. 20-32.
- Wolff, L., Souza, A.** (2013), Estudo sobre os Preços do Açúcar e Alcoóis e a sua Influência de Longo Prazo no Volume dos Estoques Públicos no Brasil. *Produção Online*, v. 13, n. 1, pp. 162-179.
- Schwarz, G. E.** (1978), Estimating the Dimension of a Model. *Annals of Statistics*, v.6, n. 2, pp. 461–464.