

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO PREÇO DO VOLUME DE GÁS NATURAL
IMPORTADO PELO BRASIL POR MEIO DE LINEARES E NÃO LINEARES**

**ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF THE PRICE OF THE VOLUME OF NATURAL
GAS IMPORTED BY BRAZIL THROUGH LINEAR AND NON-LINEAR**

Claudia Aline de Souza Ramser, Adriano Mendonça Souza, Maiara de Oliveira Noronha e Luis Felipe
Dias Lopes

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é prever o preço do volume de gás natural importado pelo Brasil por meio de modelos lineares e não lineares com o intuito de conhecer o comportamento futuro desta variável. O estudo utilizou observações mensais do período compreendido entre janeiro de 2000 a novembro de 2016, coletadas no site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (ANP) que foram modeladas segundo os modelos ARIMA e ARCH. O modelo adequado foi ARIMA (1,1,0) - ARCH(1), para a realização da previsão das importações e espera-se que seja útil para os tomadores de decisões.

Palavras-chave: modelos ARIMA, modelos ARCH, gás natural, importações, previsão.

ABSTRACT

The objective of this research is to predict the price of the volume of natural gas imported by Brazil through linear and nonlinear models in order to know the future behavior of this variable. The study used monthly observations from January 2000 to November 2016, collected on the website of the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels Superintendency of Research and Technological Development (ANP), which were modeled according to ARIMA and ARCH models. The appropriate model was ARIMA (1,1,0) - ARCH (1), to carry out the import forecast and is expected to be useful for decision makers.

Keywords: ARIMA models, ARCH models, natural gas, imports, forecast.

1. INTRODUÇÃO

O gás natural tem aumentado seu papel no mundo como fonte de energia, em razão de ser o menos poluente e causando menor impacto ambiental quando comparado com as fontes fósseis de geração de energia. Uma vantagem do uso do gás natural é possuir um elevado rendimento térmico no seu ponto de combustão. Essa característica possibilita reduções no consumo de energia e contribui para o aumento da qualidade e da competitividade das indústrias. Além de proporcionar economias e vantagens ambientais quando utilizado na área de transporte, substituindo a gasolina ou o óleo diesel (SANTOS, FAGA, BARUFI, POULALLION, 2007).

No Brasil a utilização de gás natural iniciou no ano de 1940, com as descobertas de óleo e gás na Bahia, atendendo a indústrias localizadas no Recôncavo Baiano, o grande marco ocorreu nos anos 80, ocorrendo o desenvolvimento da bacia de Campos no estado do Rio de Janeiro (PEREIRA et al, 2010). O grande recorde de produção só se deu no ano de 2012, produzindo 1% por dia do consumo mundial de gás natural, mas mesmo assim não supre o consumo do mercado brasileiro.

Conforme ANP (2016), no ranking dos países da América Central e do Sul o Brasil está em 2º colocado dos países que consomem mais gás natural, consumindo 3,5% da produção mundial. Conforme pesquisa divulgada pelo Anuário Estatístico Brasileiro Petróleo Gás Biocombustíveis, no ranking de países com maior capacidade de refino, o Brasil é o 8º colocado, refinando 2,2 milhões de barris/dia, o que representa 2,3% da capacidade mundial. O Brasil permaneceu na 31ª colocação na classificação das maiores reservas comprovadas de gás natural do mundo.

O gás natural é responsável por pouco mais de 10% da produção energética brasileira, conquistando importância devido ao crescimento das demandas por energia e ao fato de ser menos poluente em carbono que o petróleo e o carvão mineral. Ainda, sua exploração e utilização não sofrem interferência com as sazonalidades climáticas e temporais, as quais desfavorecem muitas vezes o uso de centrais hidrelétricas, responsáveis pela maior parte da produção energética do Brasil (FIOREZE et al., 2013)

O objetivo deste estudo é analisar o preço do volume de gás natural importado pelo Brasil por meio de modelos lineares e não lineares com o intuito de conhecer o comportamento futuro da média e da volatilidade e realizar previsões.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Os modelos ARIMA (autorregressivos integrados e de médias móveis) modelos matemáticos que captam o comportamento de autocorrelação entre os valores de uma série temporal podem ser representados pela equação 1 (BOX et al., 1994; MARCHEZAN e SOUZA, 2010).

$$\phi(B)\Delta^d X_t = \theta(B)e_t \quad (1)$$

Onde: B é operador retroativo, d representa a ordem de integração; ϕ é o termo autorregressivo, e θ é o parâmetro de média móvel, Δ^d e corresponde ao número de diferenças simples com d correspondendo a valores iguais a 1 ou 2; e_t corresponde ao ruído branco.

Séries que apresentam periodicidade podem ser ajustadas por um modelo ARIMA sazonal, representado por SARIMA (p, d, q)(P, D, Q)_s na forma da equação 2.

$$\phi(B)\Phi(B^S)\Delta^d\Delta_S^D Z_t = \theta(B)\Theta(B^S)e_t \quad (2)$$

Onde: S é o período da sazonalidade que pode ser trimestral, semestral ou anual conforme o caso, Φ é o parâmetro autoregressivo sazonal e Θ é o parâmetro de médias móveis.

Os modelos lineares da classe geral ARIMA são avaliados por meio da análise de seus resíduos que devem apresentar características de ruído branco, isto é, média zero, variância constante e não autocorrelacionados, $e_t \sim RB(0; \sigma^2)$.

Mas se estes resíduos apresentarem algum tipo de dependência pode-se ajustar os modelos autoregressivos condicionadas a heterocedasticidade (ARCH) proposto por Engle (1982) que verificam a existência de heterocedasticidade residual - a volatilidade.

O modelo ARCH (p), em que p denota a ordem do modelo, expressa a variância condicional de a_t , no período t , depende de e_{t-1}^2 . Essa variabilidade é explicada pela volatilidade entre os erros do modelo de previsão linear, assim verifica-se que a variância desses erros varia de um período para outro, existindo uma autocorrelação na variância dos erros de previsão (MORETTIN e TOLOI, 2004).

A ideia principal do modelo ARCH é o fato de que a variância de e_t , no período de tempo t , depende de e_{t-1}^2 . O termo de erro e_t , condicionado à informação disponível no período $(t-1)$ seria distribuído conforme a equação 3.

$$e_t \sim N[0, (\alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2)] \quad (3)$$

Segundo Bueno (2008), o modelo ARCH(m) é definido por:

$$r_t = \sqrt{h_t} e_t \quad (4)$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 r_{t-1}^2 + \dots + \alpha_m r_{t-m}^2 \quad (5)$$

E, e_t é independente e identicamente distribuído (*i.i.d.*) com média zero, e, h_t é a variância condicional.

Para assegurar que a variância condicional seja positiva e fracamente estacionária, as seguintes restrições paramétricas são necessárias: $\alpha_0 > 0$, $\alpha_t \geq 0$ para todo $t = 2 \dots m$ e $\sum \alpha_t < 1$.

$$a_t = \sigma_t^2 e_t \quad (6)$$

Onde e_t é a variância condicionada do erro.

Na etapa da modelagem ARCH os resíduos conjunto do modelo ARIMA-ARCH também devem satisfazer a condição de ruído branco.

3.METODOLOGIA

O conjunto de dados utilizado nesta pesquisa provém do site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (ANP), e refere-se a uma série mensal do preço de importações de gás natural em barris, contendo 191 observações mensais, compreendido no período de janeiro de 2000 a novembro de 2016.

Ao se analisar uma série temporal primeiramente analisa-se a estacionariedade da série por meio da inspeção gráfica, das funções de autocorrelação e por meio dos testes de raízes unitárias Dickey-Fuller Aumentado (ADF)(DICKEY e FULLER, 1979) e Kwiatkowski, Phillips, Schmidt and Shin (KPSS)(KWIATKOWSKI, PHILLIPS, SCHMIDT, SHINNO, de

1992). A estacionariedade de uma variável é importante na etapa de modelagem da série, fazendo com que todos os instantes de tempo passem a ser representados pelo modelo.

Considerada estacionária a série, ajustam-se modelos ARIMA concorrentes que represente a série em estudo como forma de eliminar a autocorrelação da variável em estudo e apresente resíduos com características de ruído branco. Após esta etapa investiga-se os resíduos quadráticos do melhor modelo ARIMA ajustado, por meio das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial como forma de se evidenciar a presença de dependência quadrática entre os instantes de tempo, evidenciando-se a necessidade de uma modelagem ARCH para representar a variabilidade da série.

O modelo ARIMA terá a função de estudar o comportamento do nível da série no curto prazo e o modelo ARCH a variabilidade da série e o seu comportamento de persistência.

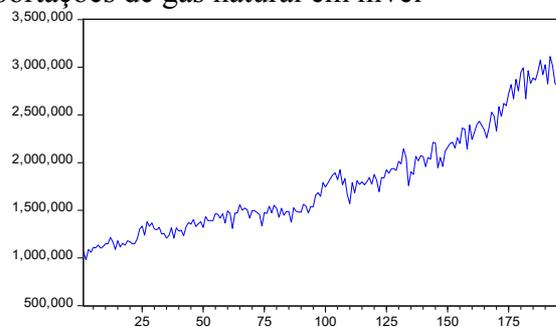
4. RESULTADOS

O preço de importação do gás natural para o Brasil em nível é apresentado na Figura 1 observa-se um comportamento de tendência e com movimentos sazonais, a série também pode e ser classificada como não estacionária.

Na Figura 2 observa-se que a série de importação de gás natural tornou-se estacionária em média, mas apresenta oscilações em grandes amplitudes após a observação 125, que corresponde ao ano de 2011, período de instabilidade do preço do gás natural, provavelmente este período apresenta características da presença de volatilidade.

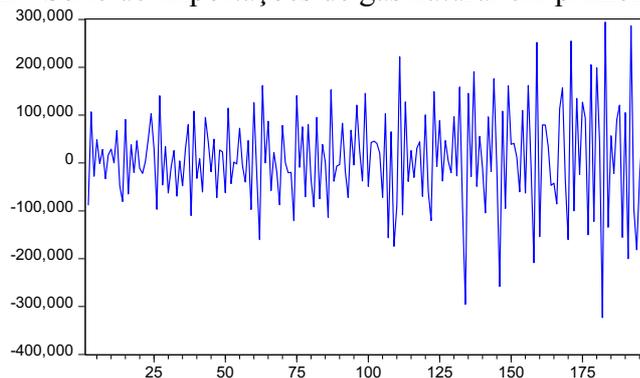
A condição de estacionariedade da série será conformada pelos testes Dickey-Fuller Aumentado (ADF), Kwaiatkowski, Phillips, Schmidt and Shin (KPSS), que apontaram a série como não estacionária em nível e estacionária em primeiras diferenças.

FIGURA 1- Série de importações de gás natural em nível



De acordo com Morettin e Tolo, (2004), a estacionariedade é uma condição para ajustar um modelo ARIMA, na Figura2, apresenta-se a série em primeiras diferenças.

FIGURA 2 - Série de importações de gás natural em primeira diferença



Vários modelos concorrentes foram ajustados e de acordo com os critérios penalizadores AIC e BIC, o modelo melhor modelo foi um SARIMA (1,1,0)(1,0,0)₁₂ - ARCH(1), conforme Tabela 1.

TABELA 1 – Modelos ARIMA e ARCH para a série de importação do preço do gás

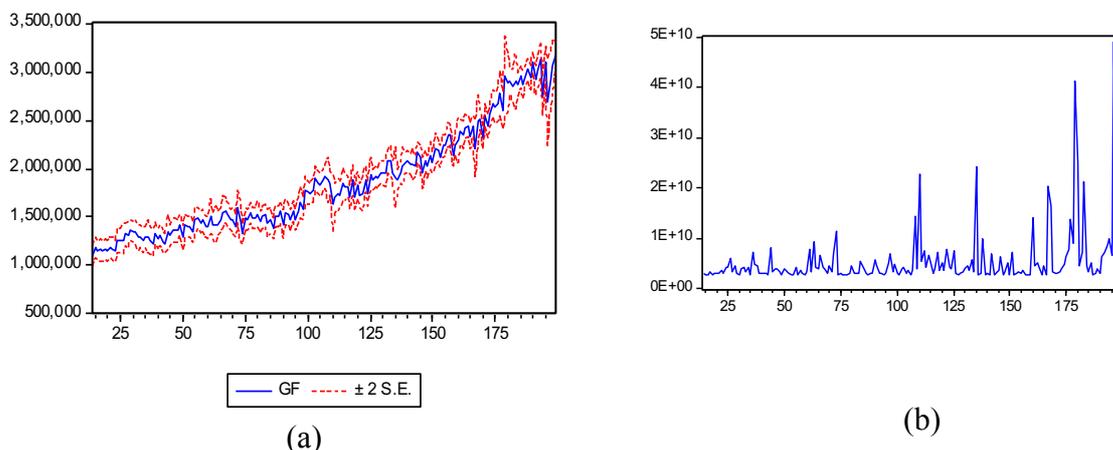
Variável	Coefficiente	Erro padrão	Z _{StatistiC}	P-valor
SARIMA (1,1,0)(1,0,0)₁₂				
ϕ_1	-0.068839	0.033340	-2.064774	0.0389
Φ_{12}	0.845856	0.045142	18.73754	0.0000
Equação da Variância				
Constante	2.85×10^9	3.27×10^8	8.730433	0.0000
e_{t-1}^2	0.536248	0.136634	3.924691	0.0001
Estatísticas de Ajustes do Modelo				
R-squared	0.537420	Mean dependent var		11573.02
Adjusted R-squared	0.534906	S.D. dependent var		105557.4
S.E. of regression	71987.82	Akaike info criterion		25.09554
Sum squared resid	9.54E+11	Schwarz criterion		25.16491
Log likelihood	-2329.885	Hannan-Quinn criter.		25.12365
Durbin-Watson stat	2.441985			

Para escolha do melhor modelo optou-se como regra de decisão dos critérios penalizadores AIC e BIC, que definem os modelos parcimoniosos, por meio dos menores valores encontrados na terceira porção da Tabela 4, estatísticas de ajustes do modelo.

Analisando os resíduos de todos os modelos, o melhor modelo encontrado é SARIMA (1,1,0)(1,0,0)₁₂- ARCH(1), o qual cumpriu com a condição de resíduos com características de ruído branco.

Observa-se que existe uma instabilidade na série em termos de variabilidade representada pelo parâmetro e_{t-1}^2 com valor de 0,5362, como este valor não é próximo da unidade, pode-se dizer que esta variabilidade tenderá a voltar ao seu patamar de variabilidade normal e não possuindo um efeito prolongado. Na Figura 4, apresentam-se as previsões *in sample* e o comportamento da volatilidade.

FIGURA 4 - Previsão do preço do volume de gás natural importado pelo Brasil e o comportamento da volatilidade



Na Figura 4, nota-se que o modelo encontrado é capaz de realizar previsões confiáveis Figura 4a, pois os valores previstos estão compreendidos no intervalo de confiança proposto. Observa-se que após o instante 150 existe uma oscilação do comportamento do preço de importação do gás, esta informação é fornecida pelos picos captados pela volatilidade estimadas representadas na Figura 4b.

Na estimativa da volatilidade, percebem-se intervalos de tempo com uma alta variabilidade, principalmente no ano 2015 e 2016. Com a previsão da série em nível e com as estimativas da volatilidade verifica-se uma grande instabilidade nos preços do volume do gás.

Pode-se dizer desta maneira que a variação do preço previsto pode sofrer oscilações no curto prazo.

5. CONCLUSÃO

O estudo realizado teve como objetivo encontrar um modelo de previsão para as importações de gás natural, pois como se sabe cada vez mais indústrias utilizam esta fonte de energia. O melhor modelo SARIMA $(1,1,0)(1,0,0)_{12}$ - ARCH(1), foi capaz de captar o comportamento da série revelando os fatores estilizados da série. O modelo de volatilidade é importante para que auxilie na interpretação das previsões, pois se percebe a existência de variabilidade significativa no período final em análise.

As empresas importadoras de gás natural podem se beneficiar de modelos de previsão, obtendo informações antecipadas do comportamento da variável antes de se toma uma decisão importante.

REFÊRENCIAS

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Bicombustíveis. ANP. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: dez 2016.

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. BNDES. Disponível em:<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/c_onhecimento/bnset/set3304.pdf>. Acessoem: março 2017.

Box, G. E. P., Jenkins, G. M., &Reinsel, G. C. Time series analysis.New Jersey: Prentice Hall 1994.

BUENO, R. L. S. Econometria de Séries Temporais. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

DICKEY, D. & FULLER, W. 'Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root', **Journal of the American Statistical Association** 74(366), 427-431, 1979.

ENGLE, Robert F. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation.Econometrica: Journal of the Econometric Society, p. 987-1007, 1982.

Fioreze, M., Hedlund, K. F. S., Graepin, C., Silva, T. C. N., de Azevedo, F. C. G., & da Cunha Kemerich, P. D. (2013). Gás Natural: Potencialidades de utilização no Brasil. *ElectronicJournalof Management, Educationand Environmental Technology (REGET)*, 10(10), 2251-2265.

KWIATKOWSKI, D., PHILLIPS, P. C., SCHMIDT, P., SHIN, Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. How sure are we that economic time series have a unit root? **Journal of Econometrics** 44, 1992.

MARCHEZANI, A.. SOUZA, A. M. Previsão do preço dos principais grãos produzidos no Rio Grande do Sul Forecasting the price of major grains produced in Rio Grande do Sul *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.11, p.2368-2374, nov, 2010 ISSN 0103-8478

Morettin, P. A., & Toloí, C. *Análise de séries temporais*. Blucher. 2006.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. *Análise de Séries Temporais*. São Paulo, Edgard Blücher, 2004.

PEREIRA, A. H. et al. GÁS NATURAL, IMPACTOS E BENEFÍCIOS. Disponível em: <http://www.unisalesiano.edu.br/encontro2007/trabalho/aceitos/CC25582320881.pdf>. Acesso em: nov 2016.

SANTOS, Edmilson; FAGA, Murilo; BARUFI, Clara; POULALLION, Paul. Natural Gas – The construction of a new civilization. *Revista Estud. Av.*, 2007, vol. 21, Nº 59, pp. 67-90.