

ANÁLISE TEMPORAL DA BORRACHA NATURAL BRASILEIRA

Luiz Moreira Coelho Junior¹, José Luiz Pereira de Rezende²,
Luís Antônio Coimbra Borges³, Antônio Donizette de Oliveira⁴

(recebido: 20 de maio de 2008; aceito: 28 de novembro de 2008)

RESUMO: A Borracha Natural é um produto não madeireiro obtido da coagulação do látex de determinadas espécies florestais, sendo a principal a *Hevea brasiliensis*. Proveniente da Amazônia, esta espécie já era conhecida dos índios antes do descobrimento da América. A borracha natural tornou-se produto mundialmente valorizado por suas múltiplas aplicações, em muitos setores da economia. À semelhança do que ocorre com outros produtos, a previsão de preços futuros da borracha natural tem sido objeto de muitos estudos. O uso de modelos de previsão que usam séries temporais univariadas se destaca como o mais preciso e útil para reduzir a incerteza no processo de tomada de decisões econômicas. Pretendeu-se, neste estudo, analisar as séries históricas dos preços da borracha natural brasileira (R\$/kg), no período de jan./99 a jun./2006, a fim de caracterizar o mercado doméstico da borracha natural e; ajustar um modelo de previsão de seus preços. Os modelos estudados foram os da Família ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Os principais resultados obtidos foram: o mercado nacional da borracha natural apresenta ascensão, motivado pelo crescimento da economia mundial; entre os modelos ajustados, o que proporcionou melhor ajuste foi o modelo ARIMA (1,1,1) das séries de preços da borracha natural (R\$/kg); a prognose realizada para a série forneceu bons ajustes, quando comparados com a realidade de mercado.

Palavras-chave: Economia florestal, borracha natural, séries temporais, ARIMA.

TIME SERIES ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF BRAZILIAN NATURAL RUBBER

ABSTRACT: *The natural rubber is a non-wood product obtained of the coagulation of some lattices of forest species, being Hevea brasiliensis the main one. Native from the Amazon Region, this species was already known by the Indians before the discovery of America. The natural rubber became a product globally valued due to its multiple applications in the economy, being its almost perfect substitute the synthetic rubber derived from the petroleum. Similarly to what happens with other countless products the forecast of future prices of the natural rubber has been object of many studies. The use of models of forecast of univariate time series stands out as the more accurate and useful to reduce the uncertainty in the economic decision making process. This study analyzed the historical series of prices of the Brazilian natural rubber (R\$/kg), in the Jan/99 - Jun/2006 period, in order to characterize the rubber price behavior in the domestic market; estimated a model for the time series of monthly natural rubber prices; and foresaw the domestic prices of the natural rubber, in the Jul/2006 - Jun/2007 period, based on the estimated models. The studied models were the ones belonging to the ARIMA family. The main results were: the domestic market of the natural rubber is expanding due to the growth of the world economy; among the adjusted models, the ARIMA (1,1,1) model provided the best adjustment of the time series of prices of the natural rubber (R\$/kg); the prognosis accomplished for the series supplied statistically adequate fittings.*

Key words: Forest economy, natural rubber, time-series, ARIMA.

1 INTRODUÇÃO

A história da borracha natural relaciona-se fortemente com a história econômica brasileira, e por sua importância no Brasil Colônia a época ficou conhecida como “o ciclo da borracha”. Até o início do século XX, o Brasil detinha o monopólio da borracha natural, o que

alavancou o desenvolvimento da região Norte do País (GAMEIRO & SARETTA, 2000).

A borracha natural é um produto não madeireiro obtido da coagulação do látex de determinadas espécies florestais, sendo a principal a *Hevea brasiliensis*. Essa matéria-prima vegetal já era conhecida dos índios, antes do descobrimento da América (SANTOS & MONTHÉ, 2007).

¹Economista, MSc. Doutorando em Engenharia Florestal pelo Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – lmcjunior@hotmail.com

²Engenheiro Florestal, Ph.D. Pesquisador do Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – jlprezen@ufla.br

³Engenheiro Florestal, DSc., Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – totborges@ufla.br

⁴Engenheiro Florestal, DSc. Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – donizete@ufla.br

O Brasil foi, paulatinamente, perdendo espaço no mercado internacional da borracha, chegando em 2001 a representar apenas 1,5 % da produção mundial e consumir em torno de 3,5% da demanda total (INTERNATIONAL..., 2002).

A borracha natural é, hoje, uma “*commodity*” mundialmente valorizada devido a sua múltipla utilidade na indústria (automobilística, materiais médico-hospitalares, calçados, etc.), tendo como principal substituto a borracha sintética. Atualmente, Tailândia, Malásia e Indonésia respondem por mais de 80% da produção mundial, sendo os maiores exportadores (GAMEIRO & SARETTA, 2000). A demanda mundial da borracha natural é alta e crescente, sendo a China o maior consumidor (PENNACCHIO, 2007).

Os preços pagos aos produtores são formados pelo mercado mundial, isto é, não estão atrelados diretamente à oferta doméstica, mas sim às bolsas internacionais. Por ser produzida por economias emergentes, os preços dessa *commodity* são instáveis. Assim, as instabilidades econômicas do mercado doméstico dos principais produtores são refletidas nos preços do produto.

Os problemas causados por essas variações de preços podem ser previstos e minimizados por análise que relacione os fatores causadores com seus efeitos. Os modelos de previsão são construídos a partir de processos estocásticos especiais. As observações presentes e futuras podem ser preditas, com certo grau de incerteza, pela soma da combinação linear de valores passados de uma série de ruídos e um componente determinístico ortogonal (PINDYCK & RUBENFIELD, 1991).

Entre as alternativas no processo de tomada de decisões, para reduzir as incertezas econômicas, o uso de modelos de previsão de séries temporais univariadas destaca-se como o mais preciso e útil. Esse tipo de análise aplica-se nos casos em que há um padrão persistente ou sistemático no comportamento da variável, possível de ser captado, usando representação paramétrica (BRESSAN & LIMA, 2002).

Este trabalho caracterizou e analisou o mercado nacional da borracha natural com os objetivos específicos de descrever o mercado doméstico da borracha natural; estimar um modelo de previsão para a série de preços reais mensais; testar os modelos estimados na previsão de preços futuros.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Objeto de estudo

A indústria da borracha natural compreende três subsetores: matérias-primas; indústria pesada (composta

pelos pneumáticos) e indústria leve (artefatos de borracha).

A série utilizada refere-se aos preços mensais da borracha natural no Brasil (US\$/kg), de janeiro de 1999 a junho de 2007. Esses preços são formados pelo mercado do estado de São Paulo, maior produtor nacional, e foram obtidos do Agriannual (2008). Para o ajuste do modelo, foram considerados os períodos de janeiro de 1999 a junho de 2006, sendo o restante dos dados reservados para validação do modelo.

A seguir, são apresentados e discutidos os modelos utilizados na pesquisa.

2.2 Séries temporais

Uma série temporal $\{Y_t, t = 1, 2, \dots, n\}$ é definida como um conjunto de observações de uma variável dispostas seqüencialmente no tempo (MORETTIN & TOLOI, 2006).

Já na década de 30 do séc. XX, Wold (1938) detectou que uma série temporal possui os seguintes componentes: tendência (T), sazonalidade (S) e variações irregulares ou aleatórias (a_t). Dadas observações de uma variável (Y), que evolui no tempo (t), são as ações conjuntas que determinam esses movimentos, em $Y_t = f(T_t, S_t) + a_t$, em que: a tendência (T_t) resulta de um complexo de causas em que a série de preços atua, continuamente, num mesmo sentido ao longo do tempo; a sazonalidade (S) é a flutuação provocada com certa regularidade dentro do período anual, por exemplo, pelas variações climáticas; e a componente aleatória ou irregular (a_t) são causadas por fatores exógenos, incluindo os fatores catastróficos, como guerra e epidemias, planos de governo e por outros fatores aleatórios. A hipótese normal é que seja uma porção não-controlável do modelo.

Os modelos ARIMA (*Autoregressive - Integrated - Moving Average*), introduzidos por Box & Jenkins (1976), baseiam-se na idéia de que uma série temporal não-estacionária, do tipo homogêneo, pode ser modelada a partir de “d” diferenciações e da inclusão de um componente auto-regressivo “p” e de um componente média móvel “q”.

Sendo $\{Z_t\}$ um processo que pode ser descrito através de uma modelagem ARIMA (p, d, q) da seguinte forma:

$$\phi_p(B)Z_t = \theta_q(B)a_t$$

Onde, $Z_t = \begin{cases} Y_t, & \text{se o processo é estacionário, quando } d = 0 \\ (1-B)^d Y_t, & \text{se o processo não é estacionário, quando } d \geq 1 \end{cases}$

A ponderação da diferenciação de Y_t corresponde a um modelo $ARIMA(p, d, q)$ com:

$$\phi_p(B)(1-B)^d Y_t = \theta_0 + \theta_q(B) a_t$$

em que, $\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$ é o operador auto-regressivo de ordem p $[AR(p)]$, $\theta_0 = \mu(1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p)$ é o intercepto ou a constante, $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$ é o operador de média móvel de ordem q $[MA(q)]$ e a_t é um processo de ruído branco (*white noise*). Se a constante θ_0 for diferente de zero, a série integrada proporcionará uma tendência determinística, ou seja, a série apresenta uma tendência crescente ou decrescente, que é independente dos distúrbios aleatórios (PINDYCK & RUBENFIELD, 1991).

A identificação do modelo consiste em determinar sua ordem com base no “princípio de parcimônia”. Essa etapa é a fase mais crítica do uso do modelo e consiste em determinar os tipos do modelo gerador da série, que são denominados:

y_t	AR		(p)
	MA	Qual a ordem do	(q)
	ARMA	modelo,	(p,q)
	ARIMA	ou seja, quais os	(p,d,q)
	SARIMA	valores de	(p,d,q) x (P,D,Q) _s
	⋮		

Para auxiliar nessa etapa de identificação, foram utilizadas a análise no domínio do tempo (BOX & JENKINS, 1976) e a análise no domínio da frequência (BLOOMFIELD, 1976), sendo esses os dois enfoques fundamentais para a análise de séries temporais. Esses enfoques são diferentes e podem ser vistos como distintos, contudo, não são independentes, sendo, na verdade, complementares e ligados matematicamente.

Após a identificação e escolha do modelo apropriado, foram estimados os parâmetros ϕ 's do processo AR, os parâmetros θ 's do processo MA. As estimativas dos parâmetros foram feitas pela distribuição gaussiana pelo método da Máxima Verossimilhança, para todas as possíveis combinações, para satisfazer às condições de invertibilidade e unicidade dos parâmetros.

Em seguida, para verificar se o modelo proposto é ruído branco, foram realizados diagnósticos por meio das análises dos resíduos padronizados, resíduos da função de Autocorrelação (ACF), resíduos da Função de Autocorrelação Parcial (PACF), do *portmanteau test* de Box & Pierce (1970), sendo,

$$Q_k = n \sum_{i=1}^k c_k^2$$

em que $n = n^o$ de observações; $k = n^o$ de “lags”; e $ck =$ Autocorrelação dos resíduos. O modelo é aceito se $Q \leq \chi^2(\lambda, k - N)$, em que χ^2 é o qui-quadrado, λ é o nível de significância (com um intervalo de confiança de 95%), k a ordem de defasagem e N o número de parâmetros.

Outra maneira de verificar o modelo é por meio do Critério de Informação de Akaike (AIC), $AIC = -2 \ln(L) + 2(p + q)$ onde $L =$ máxima verossimilhança; p e $q =$ parâmetros do modelo, a fim de se obter o mínimo valor de AIC (AKAIKE, 1977).

Após o término do processo iterativo de identificação, estimativa e checagem do modelo, se o mesmo proporcionar uma estimativa da série que se ajusta satisfatoriamente aos dados da realidade, então pode-se utilizá-lo para prever valores da variável.

Os processos de previsão, que usam modelos de séries temporais, são procedimentos que visam estender a valores futuros o modelo descrito e ajustado aos valores presente e passado da variável. Portanto, a previsão permite determinar o valor esperado de uma observação futura.

As manipulações dos dados foram feitas através dos softwares Excel, S-PLUS 2000 e os métodos computacionais utilizados para modelagem da família ARIMA foram obtidos de Venable & Ripley (1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização e evolução temporal do mercado nacional

O consumo mundial de borracha natural vem aumentando nos últimos anos e sua oferta não tem acompanhado esse crescimento, o que causa desajustes no equilíbrio de mercado, resultando em elevação de preços.

Observa-se, na Tabela 1, que o consumo per capita de borracha natural praticamente triplicou no período, enquanto o da borracha sintética permaneceu estagnado.

Tabela 1 – Evolução da oferta e demanda da borracha brasileira - 1.000 t (peso seco).**Table 1** – Evolution of the world demand-supply balance of the Brazilian rubber - 1.000 t (dry weight).

Ano	Natural				Sintética			
	Produção	Consumo	Consumo per capita	Importação	Produção	Consumo	Consumo per capita	Importação
1974	18.606	57.945	0,56	36.527	-	-	-	-
1978	23.708	72.491	0,64	56.244	-	-	-	-
1982	32.795	67.764	0,55	38.099	-	-	-	-
1986	32.646	105.601	0,78	82.542	-	-	-	-
1990	30.826	124.109	0,86	80.806	256.224	283.821	1,96	31.142
1994	44.617	142.088	0,93	96.945	315.190	309.638	2,03	74.886
1998	70.000	185.300	1,14	115.300	310.000	300.000	1,84	87.500
2002	89.000	233.400	1,33	144.400	383.700	344.400	1,96	100.800
2006	108.300	286.826	1,54	148.565	417.500	425.112	2,28	172.400

Fonte: IBAMA/Rubber Statistical Bulletin/FNP, 2008.

Em 2006, o consumo mundial foi de 9.645 milhões de toneladas de borracha natural, contra uma produção de 9.226 milhões de toneladas. Nesse mesmo período, o Brasil respondeu por 1,2% da produção mundial.

Para atender o mercado doméstico, o país contribuiu apenas com 1/3 do total. Os outros 2/3 são importados dos países asiáticos, da Tailândia (47,8%), da Indonésia (27,01%) e da Malásia (21,78%).

Em 2005, a Região Sudeste contribuiu com a maior parte da produção (62,2%), seguida pelas regiões Centro-Oeste (21,2%), Nordeste (13,6%), Norte (2,5%) e Sul (0,5%). Os estados com maior produção no país foram São Paulo (54,60%), Bahia (16,22%), Mato Grosso (13,94%), Espírito Santo (4,73%) e Minas Gerais (2,88%).

3.2 Previsão de séries de preços

A Figura 1 apresenta o comportamento dos preços da borracha natural brasileira (R\$/kg), praticados no mercado, em São Paulo. Notam-se que as variações longitudinais das séries de preços da borracha crua são crescentes ao longo do tempo. Para identificar os modelos apropriados, inicialmente devem ser analisados os gráficos originais das séries em estudo (Figura 1). A análise gráfica indica a presença de tendência, informando que a série é não estacionária.

Para corroborar a análise gráfica realizou-se o teste de Cox-Stuart que confirmou a existência de tendência, indicando a necessidade de aplicação da 1ª diferença para torná-la estacionária. Esse caso é típico de uma série

econômica. Dessa forma, para identificar o modelo apropriado foram geradas as Funções de Autocorrelação (ACF) e de Autocorrelação Parcial (PACF) (Figura 2).

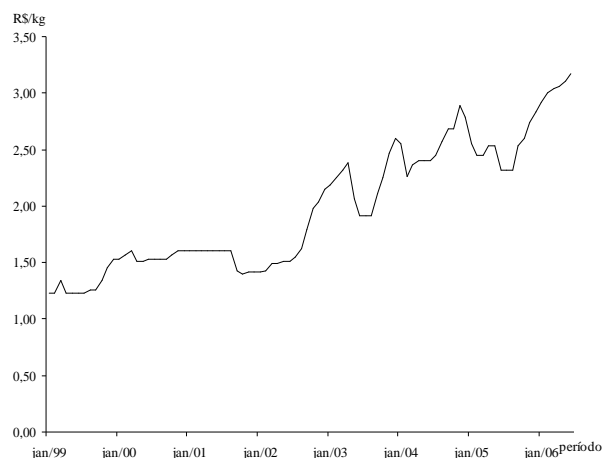


Figura 1 – Comportamento dos preços da borracha natural praticados no mercado nacional, no período de jan./1999 a jun./2006.

Figure 1 – Behavior of the natural rubber prices practiced in the national market, in Jan/1999-Jun/2006 period.

Nota-se que a ACF apresenta funções exponenciais amortecidas, o que determina a ordem q da Média Móvel $MA(q)$, típico de um $MA(1)$. A PACF determina a ordem p do auto-regressivo $AR(p)$, apresentando defasagem ($lag\ 1$) significativa.

Para confirmar a identificação do modelo a ser estimado, usou-se o domínio da frequência para melhor interpretar a série observada. Analisando as densidades espectrais estimadas na Figura 3, podem-se ver, separadamente, as contribuições dos processos que variam em diferentes velocidades [decibéis (dB)], no espectro do eixo vertical.

O espectro observa a variação nos dados originais, referentes às oscilações das frequências harmônicas, com intervalo de confiança de 95%.

A Figura 3 (a) apresenta o periodograma da série original com comprimento da onda da banda, ou seja, a distância entre uma crista e outra, igual a 0,0384899 da frequência e a intensidade do espectro variando entre (-5,87588, 17,5667) dB.

A aplicação do teste Yule-Walke no periodograma, Figura 3 (b), diminui a velocidade das densidades espectrais e mostra os efeitos, a curto prazo, de um AR (1).

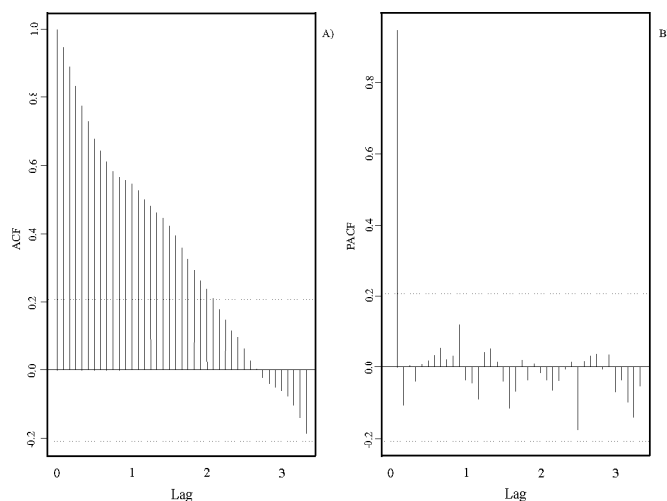


Figura 2 – Função de Autocorrelação (ACF) e Função de Autocorrelação Parcial (PACF), dos preços da borracha natural brasileira.

Figure 2 – Autocorrelation Function (ACF) and Partial Autocorrelation Function (PACF) of the Brazilian natural rubber price.

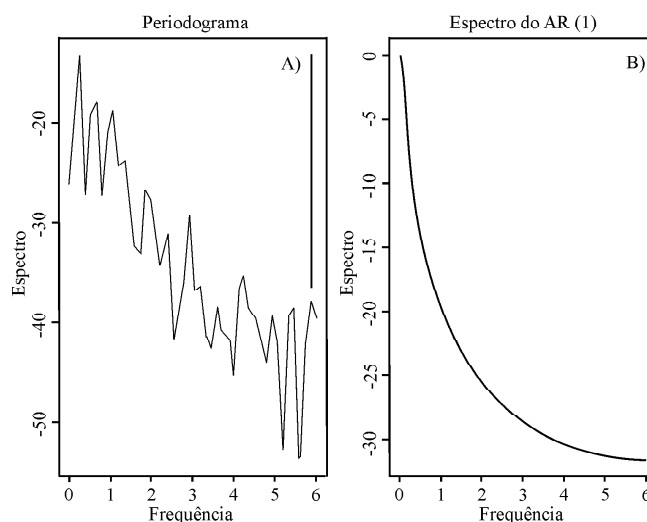


Figura 3 – Periodograma e espectro do AR (1) dos preços da borracha natural brasileira.

Figure 3 – Periodogram and AR (1) spectrum of the Brazilian natural rubber price.

Dos modelos ARIMA (p, d, q) testados para captar os efeitos temporais da série, cujos parâmetros foram estimados pelo método da máxima verossimilhança, o modelo ARIMA (1,1,1) foi o que melhor se ajustou, de acordo com os critérios de identificação. Os valores estimados são apresentados na Tabela 2.

O “*portmanteu test*” sugerido e utilizado por Box & Jenkins (1976) verifica se é ou não ruído branco, através da estatística “Q”. As análises gráficas dos resíduos padronizados, das ACF e das PACF, ratificam a escolha do modelo. A Figura 4, indica que as ACF e PACF dos resíduos do modelo ARIMA (1,1,1) é ruído branco.

A equação do modelo ARIMA(1,1,1) estimada assume a seguinte forma:

$$Y_t = \frac{(1 + 0,32394B)a_t}{1 - 0,9969B}$$

A análise da Figura 4(a), indica que o gráfico dos resíduos apresenta estacionariedade. Foram retiradas todas as autocorrelações existentes, que podem ser vistas através das funções de Autocorrelação e Autocorrelação Parcial [Figura 4 (b e c)]. Notam-se que, poucos coeficientes dessas funções, apresentaram valores superiores à linha de controle, respeitando a condição de ruído branco.

Tabela 2 – Estimativa dos parâmetros do modelo ARIMA (1,1,1).

Table 2 – Estimate of ARIMA (1,1,1) model parameters.

	Coeficientes	Erro Padrão	Teste t	p-Valores
ϕ_1	0,99869	0,0031694	315,10	0,0001
θ_1	-0,32394	0,09861	-3,29	0,0010
	AIC		-163,968	
	SBIC		-158,968	

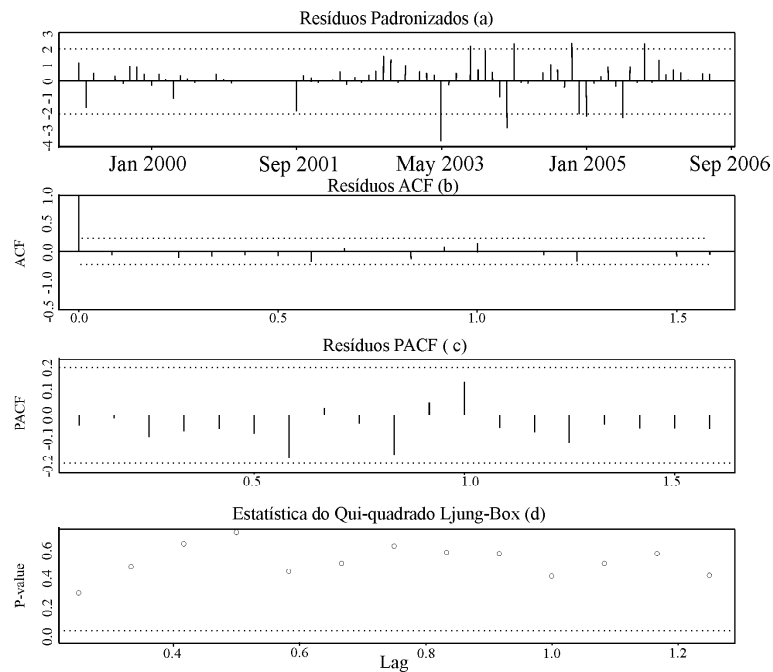


Figura 4 – Diagnóstico do modelo ARIMA (1,1,1).

Figure 4 – Diagnosis of the ARIMA (1,1,1) model.

Observa-se que os níveis de significância, para o teste da Estatística do Qui-Quadrado de Ljung-Box [Figura 4 (d)], indicam que as autocorrelações do modelo são significativas. Portanto, o modelo escolhido atende às exigências da teoria, considerando-se, assim, encerrada a construção do modelo ARIMA (1,1,1).

Para essa série de preços, optou-se por prognosticar os valores para 12 períodos adiante, ou seja, a partir da observação 91, correspondente ao mês de julho de 2006, conforme indicam a Tabela 3 e a Figura 5.

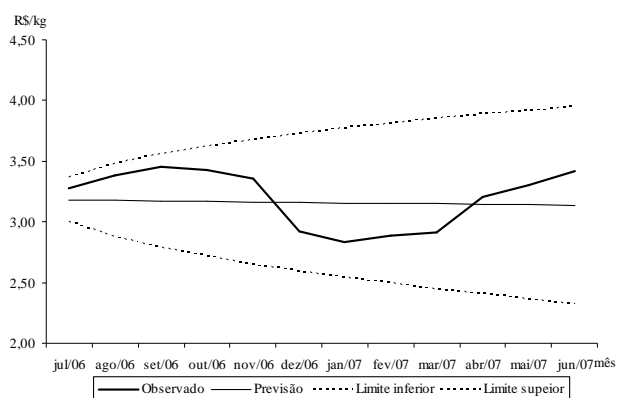


Figura 5 – Previsão dos preços da borracha natural brasileira.

Figure 5 – Forecast of the Brazilian natural rubber prices.

Tabela 3 – Previsão dos preços da borracha natural no mercado brasileiro, fornecida pelo modelo ARIMA (1,1,1).

Table 3 – Estimate of ARIMA (1,1,1) model parameters.

Mês	Observado	Previsão	Erro padrão	Limite inferior	Limite superior
jul/06	3,28	3,18	0,0928	3,00	3,36
ago/06	3,38	3,18	0,1538	2,88	3,48
set/06	3,45	3,17	0,1967	2,79	3,56
out/06	3,43	3,17	0,2316	2,71	3,62
nov/06	3,36	3,16	0,2619	2,65	3,68
dez/06	2,92	3,16	0,2890	2,59	3,73
jan/07	2,83	3,16	0,3136	2,54	3,77
fev/07	2,89	3,15	0,3364	2,49	3,81
mar/07	2,91	3,15	0,3577	2,45	3,85
abr/07	3,21	3,14	0,3778	2,40	3,88
mai/07	3,3	3,14	0,3967	2,36	3,92
jun/07	3,42	3,14	0,4148	2,32	3,95

As projeções fornecidas pelo modelo ARIMA (1,1,1), comparativamente aos valores reais (Tabela 3), foram estatisticamente adequadas, estando dentro dos limites superior e inferior do modelo.

4 CONCLUSÕES

O consumo interno da borracha natural, praticamente, quintuplicou no período de 1974-2006, o que exigiu o aumento da produção interna e das importações.

Os preços da borracha natural no mercado nacional são crescentes e influenciados pelos preços desta commodity no comércio internacional.

O modelo que melhor ajustou a série de preços da borracha natural brasileira foi o ARIMA (1,1,1).

As projeções fornecidas pelo modelo ARIMA (1,1,1), comparativamente aos valores reais, foram estatisticamente adequadas e contidos nos limites superior e inferior do modelo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. *Anuário da agricultura brasileira*. São Paulo: AGRA FNP, 2008.

AKAIKE, H. On entropy maximization principle. In: KRISHAIAH, P. R. (Ed.). *Application of statistics*. Amsterdam: North-Holland, 1977. p. 27-41.

- BLOOMFIELD, P. **Fourier analysis of times series: an introduction**. New York: J. Wiley, 1976.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1976.
- BOX, G. E. P.; PIERCE, D. A. Distribution of residuals autocorrelations in autoregressive-integrated moving average time series models. **Journal of the America Statistical Association**, Washington, v. 65, n. 332, p. 1509-1526, Dec. 1970.
- BRESSAN, A. A.; LIMA, J. E. Modelos de previsão de preços aplicados aos contratos futuros de boi gordo na BM&F. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 12, n. 1, p. 117-140, jan./jun. 2002.
- GAMEIRO, A. H.; SARETTA, C. B. Preços do petróleo puxam os da borracha. **Revista Preços Agrícolas**, São Paulo, n. 168, p. 29, out./nov. 2000.
- INTERNATIONAL rubber study group. **Rubber Statistical Bulletin**, Wembley, v. 56, n. 8, p. 17-18, 2002.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: E. Blücher, 2006.
- PENNACCHIO, H. L. **Conjuntura semanal: borracha**. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 20 nov. 2007.
- PINDYCK, R. S.; RUBENFIELD, D. L. **Econometric models and economic forecasts**. 3. ed. New York: McGrawHill, 1991.
- SANTOS, G. R.; MONTHÉ, C. G. Prospecção e perspectiva da borracha natural, *Hevea brasiliensis*. **Revista Analytica**, São Paulo, n. 26, 32/40, dez. 2006/jan. 2007.
- VENABLE, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern applied statistic with S-PLUS**. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1999. 501 p.
- WOLD, H. O. **A study in the analysis of stationary time series**. Sweden: Uppsala, 1938. 214 p.