

PROJEÇÕES DA PRODUÇÃO DE CELULOSE DE FIBRA CURTA NO BRASIL

Renato Vinícius Oliveira Castro¹, Ana Flávia Neves Mendes¹, Glauciana da Mata Ataíde¹,
Júlia Melo Franco Neves Costa¹, João Paulo Guimarães Vieira², Rosimeire Cavalcante dos Santos³,
Carlos Pedro Boechat Soares⁴, Carlos Alberto Araújo Júnior¹

¹Eng. Florestal, Pós-graduando em Ciência Florestal, UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil - castrorvo@gmail.com; mendesafn@hotmail.com; glaucianadamata@yahoo.com.br; ju.melofranco@gmail.com; carlosmuc@hotmail.com

²Eng. Florestal, UFVJM, Diamantina, Minas Gerais, Brasil - joaopaulofloresta@yahoo.com.br

³Eng. Florestal, Dr., UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brasil - meire_caico@yahoo.com.br

⁴Eng. Florestal, Prof. Depto. Eng. Florestal, UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil - csoares@ufv.br

Recebido para publicação: 04/04/2008 – Aceito para publicação: 20/05/2009

Resumo

Com base em uma série temporal anual de produção de celulose de fibra curta no Brasil no período de 1950 a 2009, o presente trabalho objetivou analisar a eficiência da metodologia Box & Jenkins em prever a produção. O modelo mais adequado foi escolhido com base nos critérios de AIC e SCH, na significância dos coeficientes, no princípio de parcimônia e no comportamento dos resíduos. Pelos resultados, conclui-se que o modelo ARIMA (2,2,1) é adequado para prever a produção de celulose de fibra curta no Brasil.

Palavras-chave: Celulose de fibra curta; séries temporais; metodologia Box & Jenkins.

Abstract

Projections of short fiber cellulose production in Brazil. Based on an annual production series of hardwood pulp in Brazil from 1950 to 2009, this study aimed to analyze efficiency of the Box & Jenkins methodology to forecast production. The most appropriate model was chosen based on the AIC and SCH criteria, on the significance of coefficients, on the principle of parsimony and residual behavior. The results points to the ARIMA (2,2,1) model as the most adequate to forecast the hardwood pulp production in Brazil.

Keywords: Hardwood pulp; time series; Box & Jenkins methodology.

INTRODUÇÃO

O setor de papel e celulose vem se desenvolvendo no Brasil desde a década de 50 e ocupa hoje o quarto lugar no ranking mundial de produção de celulose, principal matéria-prima usada na fabricação do papel. A produção de celulose no país apresentou crescimento de 6% em 2009, em comparação com o ano de 2008, passando de 12,8 para 13,5 milhões de toneladas. Entre os anos de 1999 e 2008 houve um incremento de 78,2% na produção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF), 2009).

Esse setor utiliza principalmente madeira de eucalipto na produção, que gera a celulose de fibra curta, geralmente mais adequada à fabricação de papéis de escrita (imprimir e escrever) e papéis absorventes ou sanitários (VALVERDE *et al.*, 2004). A produção nacional de celulose de fibra curta, que contribui com mais de 90% do total produzido, bateu recordes em 2009 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA), 2009), colocando o país na posição de maior produtor mundial de celulose branqueada de eucalipto.

A celulose é o produto florestal mais representativo para a pauta de exportações brasileira, caracterizando-se pela economia de escala, pelo elevado nível de padronização e pela existência de um mercado internacional de tamanho significativo (OLIVEIRA, 1995). Diante disso, as empresas brasileiras do setor vêm aprimorando cada vez mais suas técnicas, com a finalidade de elevar a produtividade florestal e manter um fluxo contínuo de matéria-prima.

Apesar de o desempenho econômico no ano de 2008 ter sido afetado pela crise econômica mundial, no 4º trimestre a estimativa do Valor Bruto da Produção Florestal (VBPF) do setor de florestas plantadas alcançou R\$ 52,8 bilhões, contra R\$ 49,8 bilhões em 2007 (ABRAF, 2009). Parece racional acreditar positivamente no futuro da produção brasileira de celulose de fibra curta, uma vez que, dentre os grandes produtores mundiais desse produto, o Brasil figura como o país que apresenta as melhores condições para expandir sua produção.

Gillers; Buongiorno (1987) desenvolveram um modelo, denominado *Papyrus*, para a indústria de celulose e papel norte-americana, utilizando programação linear e incorporando curvas de oferta e demanda, o que permite fazer projeções, a longo prazo, da produção, do consumo, da importação, da exportação, do preço de equilíbrio etc. Silva (1996) realizou uma análise econométrica do mercado brasileiro de celulose e de papel e papelão para estimar suas relações estruturais, obtendo modelos dinâmicos de oferta total, demanda interna e demanda de exportação.

Até o momento não foram encontrados trabalhos econométricos com o objetivo de prever o comportamento do mercado e da produção de celulose brasileira.

A análise econométrica torna-se cada dia mais importante na economia moderna, pela necessidade de se conhecerem as respostas, a curto prazo, do sistema econômico às diversas mudanças a ele impostas, das mais variadas formas. Uma avaliação das possíveis consequências das políticas adotadas é fundamental antes que elas sejam tomadas, sendo necessário um embasamento teórico, que permita a avaliação sistemática de tais resultados (BARROS, 1980).

Nesse contexto, considerando-se a importância e as peculiaridades do setor, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de um modelo que permita prever a produção de celulose de fibra curta no Brasil, com base em técnicas estatísticas de previsão.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho referem-se à produção anual de celulose de fibra curta no Brasil no período de 1950 a 2009, elaborados pela Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA, 2009), totalizando 60 observações. Segundo Santos; Lima (2006), para se obterem resultados satisfatórios pela metodologia de Box & Jenkins, a amostra deve ser de no mínimo 50 observações.

Para o estudo de projeção, foi usado o modelo ARIMA (Autorregressivo Integrado de Média Móvel), conhecido também como metodologia de Box & Jenkins (BOX; JENKINS, 1976), bastante difundida no meio científico (SILVA; SILVA, 1996; COELHO JÚNIOR *et al.*, 2006).

Para validar o modelo, foram excluídas as quatro últimas observações (período de 2006 a 2009), com o objetivo de compará-las aos dados da previsão.

Estacionariedade

Quando se trabalha com séries temporais, é importante que as variáveis sejam estacionárias ou passíveis de estacionariedade. Essa característica é fundamental para a previsão do futuro com base na regressão de séries temporais, solidificando a premissa de que o futuro se comportará de acordo com o passado (GUJARATI, 2006). Segundo esse mesmo autor, para uma série de dados ser estacionária, suas variáveis não podem apresentar tendências e devem ser estáveis ao longo do tempo.

Vale acrescentar que Fischer (1982) argumenta que a verificação de estacionariedade deve ser feita, inicialmente, pela análise do gráfico da série. Essa análise pode sugerir se a série é ou não estacionária, com a verificação da presença de tendência ou alteração na variância.

Em seguida, foi aplicado o teste da raiz unitária (Teste ADF), por ser um teste formal para verificação de estacionariedade (SEDDIGHI *et al.*, 2000), representado pela equação:

$$\gamma_t = \gamma_{t-1} + u_t$$

Em que: γ_t = variável no tempo t;

γ_{t-1} = variável defasada no tempo t;

u = termo de erro.

A equação utilizada caracteriza-se como uma regressão de primeira ordem, em que o valor γ no instante (t) é regredido sobre seu valor no instante $(t-1)$. Se o coeficiente γ_{t-1} for de fato igual a 1, conclui-se que os dados da série temporal não são estacionários.

Complementando, Mynbaev; Lemos (2004) informam que, caso, após a aplicação do teste da raiz unitária, se constate que a série de dados é não estacionária, deve ser procedida a transformação dos dados através da logaritimização e/ou o cálculo das primeiras ou das segundas diferenças, obtendo-se assim uma série estacionária, na qual é possível aplicar a metodologia de Box & Jenkins.

Etapas da metodologia Box & Jenkins

Segundo Morretin; Tolo (1987), a construção dos modelos Box & Jenkins é baseada em um ciclo interativo, no qual a escolha do modelo é feita com base nos próprios dados. Segundo Box; Jenkins (1976), são quatro as etapas para construção do modelo: Identificação, Estimação, Verificação e Previsão.

- A. Identificação: consiste em descobrir qual dentre as várias versões dos modelos de Box & Jenkins descreve o comportamento da série. A identificação do modelo a ser estimado ocorre pelo comportamento das funções de autocorrelações (FAC) e das funções de autocorrelações parciais (FACP), abordadas por Makridakis *et al.* (1998).
- B. Estimação: nessa etapa são estimados os parâmetros dos componentes autorregressivos e dos componentes de médias móveis.
- C. Verificação: consiste em checar se o modelo escolhido é adequado para os fins desejados. Para tanto, verifica-se o comportamento dos resíduos do modelo estimado. Para que o modelo estimado seja considerado adequado, é necessário que os seus resíduos sejam estimativas do ruído branco, ou seja, devem se comportar de maneira aleatória e devem ser não significativos (GUJARATI, 2006).
- D. Previsão: quando se obtém um modelo satisfatório, passa-se para a última etapa da metodologia de Box & Jenkins, que constitui o objetivo principal da metodologia: realizar previsões.

Com todos os dados levantados e estabelecida a metodologia proposta por Box & Jenkins, as etapas acima descritas foram efetuadas e avaliadas para a previsão da produção anual de celulose de fibra curta no Brasil, utilizando o software Eviews 5.0.

Para avaliar a capacidade de previsões do modelo estimado, foram calculados os componentes de desigualdade de Theil, os quais são úteis para mostrar se o modelo de previsão é adequado. Mais precisamente, um modelo adequado é aquele cujo coeficiente de desigualdade de Theil (CDT) apresente-se pequeno (próximo de zero) e os componentes de sua decomposição proporção de tendenciosidade (PT) e proporção de variância (PV) sejam próximos de zero, assim como a proporção de covariância (PC) seja próxima de um (SANTOS; LIMA, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estacionariedade

A figura 1 ilustra a série anual da produção de celulose de fibra curta no Brasil, no período de 1950 a 2009.

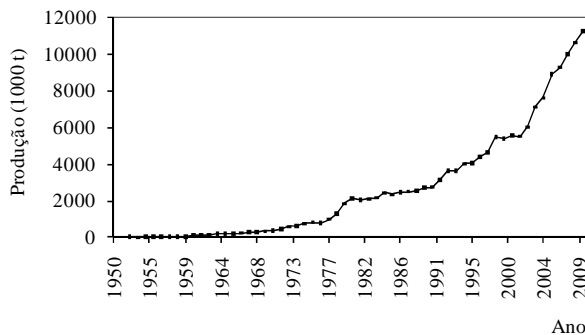


Figura 1. Produção anual de celulose de fibra curta no Brasil, no período de 1950 a 2009.

Figure 1. Annual production of hardwood pulp in Brazil, from 1950 to 2009.

Fonte: Bracelpa (2009).

O crescimento da produção de celulose de fibra curta no Brasil nesse período pode ser explicado pelo desenvolvimento de uma tecnologia específica para a produção de celulose com eucalipto, até então considerada matéria-prima de qualidade inferior. Saliente-se que, segundo Gomide (1988), foi apenas a partir da década de 60 que o Brasil começou a produzir papel de alta qualidade com 100% de celulose de eucalipto.

Pelo comportamento gráfico, verifica-se a não estacionariedade da série. Nesse caso, como sugere Otero (1993), os dados foram submetidos a transformações, de modo a se obter outra série (transformada dos valores originais) estacionária, ao estabilizar a variância e linearizar sua tendência.

Transformação

Para correção do problema de não estacionariedade, foi realizado o cálculo das primeiras e das segundas diferenças dos dados, procedimento este realizado através do software Eviews 5.0. Com a análise gráfica preliminar (Figura 2), pode-se inferir que a série tornou-se estacionária em segundas diferenças. Como sugerem Seddighi *et al.* (2000), as séries (em nível, em primeiras e em segundas diferenças) foram submetidas ao teste de raiz unitária (ADF).

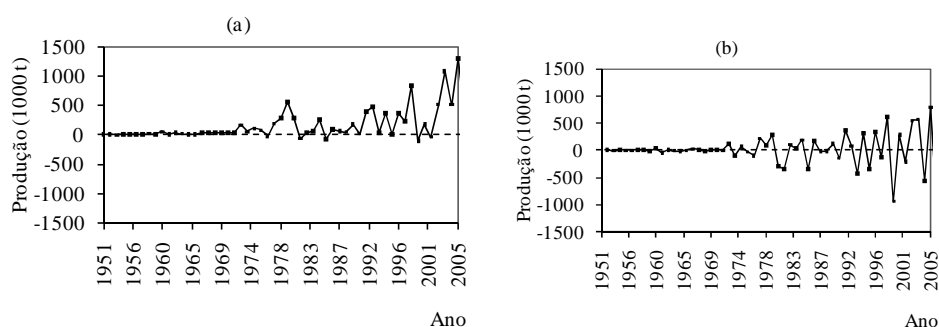


Figura 2. Série da produção anual de celulose de fibra curta no Brasil em primeiras (a) e segundas diferenças (b).

Figure 2. Annual production series of hardwood pulp in Brazil at first (a) and second differences (b).

Teste de raiz unitária

Os resultados do teste de raiz unitária (teste ADF) confirmam que a série de produção não é estacionária em nível e em primeiras diferenças, tendo em vista que as probabilidades a 1% não foram significativas (Tabela 1).

Tomando-se a segunda diferença da série, o teste ADF foi significativo a 1%, portanto a hipótese nula de raiz unitária pode ser rejeitada. Assim, encerrou-se o processo, verificando que a série de produção é estacionária em segunda diferença.

Tabela 1. Testes de raiz unitária (teste ADF) para a série anual da produção de celulose de fibra curta no Brasil.

Table 1. Unit root test (ADF test) for the annual production series of hardwood pulp in Brazil.

| Modelo | | Valor crítico em nível de 1% | Valores calculados do teste de ADF | Probabilidade |
|--------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------------|
| Nível | Com intercepto e constante | 2,594247 | -4,121303 | 0,999 |
| Nível | Somente com intercepto | 6,916597 | -3,546099 | 1,000 |
| Nível | Sem intercepto e constante | 9,756501 | -2,604746 | 0,998 |
| Primeira diferença | Com intercepto e constante | -3,50246 | -4,127338 | 0,487 |
| Primeira diferença | Somente com intercepto | 0,168224 | -3,557472 | 0,968 |
| Primeira diferença | Sem intercepto e constante | 1,042547 | -2,60849 | 0,920 |
| Segunda diferença | Com intercepto e constante | -8,145203 | -4,137279 | 0,000 |

Pelo correlograma em segunda diferença, foram observados picos fora dos intervalos de confiança nos lags 1 e 2 das funções de autocorrelações (FAC), indicando a inclusão dos termos autorregressivos AR(1) e

AR(2). Nas funções de autocorrelações parciais (FACP), picos fora dos intervalos nas lags 1, 4, 6 e 15 indicam a inclusão dos termos de média móvel MA(1), MA(4), MA(6) e MA(15) (Figura 3).

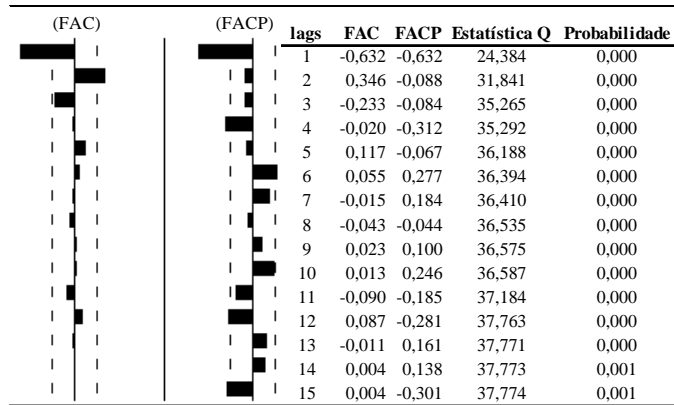


Figura 3. Correlograma em segundas diferenças para a série anual da produção de celulose de fibra curta no Brasil.

Figure 3. Correlogram in second differences for the annual production series of hardwood pulp in Brazil.

Metodologia Box & Jenkins

A) Identificação

O modelo ARIMA (2,2,4) foi identificado, apresentando a seguinte função estrutural:

$$\hat{Y}_t = \delta + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \alpha_3 \beta_{t-1} + \alpha_4 \beta_{t-4} + \alpha_5 \beta_{t-6} + \alpha_7 \beta_{t-15} + \varepsilon$$

em que \hat{Y}_t = produção de celulose no ano t ; Y_{t-i} = termo autorregressivo de ordem i ; β_{t-i} = termo média móvel de ordem i ; δ = termo de intercepto; α = parâmetros do modelo; ε = termo de erro aleatório com $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

B) Estimação

Identificado o modelo, passa-se para a estimativa dos parâmetros propostos para posterior verificação. O modelo ARIMA (2,2,4) obteve as seguintes estimativas:

$$\begin{array}{l} \hat{Y}_t = \quad -258,987 \quad +1,156Y_{t-1} \quad -0,092 Y_{t-2} \quad -0,123343\beta_{t-1} \quad -0,030 \beta_{t-4} \quad -0,098 \beta_{t-6} \quad -0,719 \beta_{t-15} \\ ep = \quad (695,644) \quad (0,175) \quad (0,189) \quad (0,150) \quad (0,108) \quad (0,112) \quad (0,070) \\ t = \quad (-0,372) \quad (-6,606) \quad (-0,487) \quad (-0,820) \quad (-0,278) \quad (-0,871) \quad (-10,233) \\ R^2 = 0,995909 \\ R^2_{ajustado} = 0,995428 \\ d = 2,097 \end{array}$$

Pela análise do modelo, verificou-se que os coeficientes $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ e α_5 não são significativos a 1% (p -valor igual a 0,6263; 0,4144; 0,7811 e 0,388, respectivamente), mostrando que devem ser eliminados do modelo.

Partindo-se de novas combinações de lags, o modelo que apresentou um melhor ajuste assumiu a forma de um ARIMA (2, 2, 1), com dois componentes autorregressivos e uma média móvel:

$$\hat{Y}_t = \delta + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \alpha_3 \beta_{t-1} + \varepsilon$$

As estimativas podem ser vistas a seguir:

$$\begin{array}{l} \hat{Y}_t = \quad -268,356 \quad +1,875Y_{t-1} \quad -0,864Y_{t-2} \quad -1,234\beta_{t-1} \\ ep = \quad (145,181) \quad (0,126) \quad (0,136) \quad (0,149) \\ t = \quad (-1,848) \quad (14,883) \quad (-6,353) \quad (-8,282) \end{array}$$

$R^2 = 0,996582$
 $R^2_{ajustado} = 0,996392$
 $D = 2,077$

C) Verificação

Analisando os gráficos dos resíduos apresentados abaixo, observa-se que os modelos ARIMA (2,2,1) e ARIMA (2,2,4) apresentam comportamentos similares para a previsão da série analisada (Figura 4).

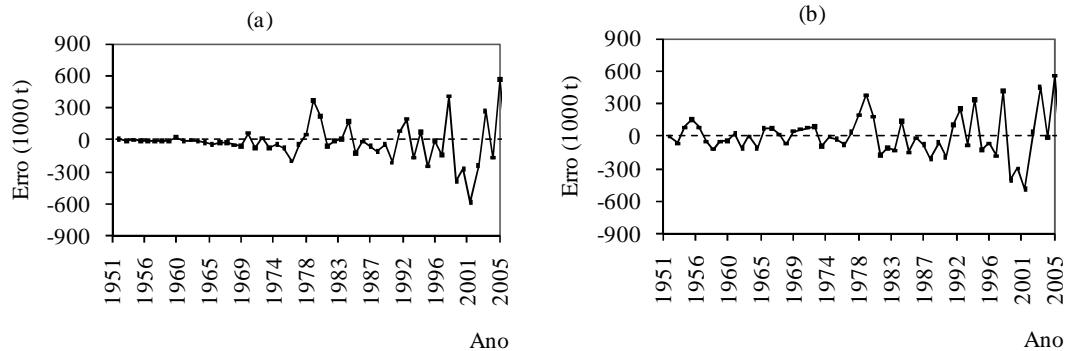


Figura 4. Resíduos dos modelos de previsão ARIMA (2,2,1) e ARIMA (2,2,4), representados pelas figuras a e b, respectivamente, para a série anual da produção de celulose de fibra curta no Brasil, no período de 1950 a 2005.

Figure 4. Residue from ARIMA (2,2,1) and ARIMA (2,2,4) prediction models, represented by a and b figures, respectively, for the annual production series of hardwood pulp in Brazil from 1950 to 2005.

Dessa forma, torna-se necessária a análise de mais informações para a escolha do modelo. Os critérios apresentados na tabela 2 foram selecionados e mostram os resultados do R^2 , R^2 ajustado, critérios de informação de Akaike (AIC) e Schwarz (SCH) para os modelos estimados. Os resultados foram comparados, considerando-se o princípio de parcimônia, menores valores para os critérios AIC e SCH e coeficientes significativos. Segundo essas estatísticas, o modelo mais adequado foi o ARIMA (2,2,1).

Na avaliação do modelo escolhido, verificou-se que o comportamento médio dos seus resíduos foi satisfatório, obtendo-se resíduos do tipo ruído branco, conforme figura 4a. Esse modelo também apresentou valores superiores para o R^2 e o R^2 ajustado, além de menores valores para os critérios de AIC e SCH.

Tabela 2. Resultados estatísticos dos modelos ajustados para a previsão da produção anual de celulose de fibra curta no Brasil, no período de 1950 a 2005.

Table 2. Statistical results of the adjusted models to predict the annual production of hardwood pulp in Brazil, from 1950 to 2005.

| Modelo | R^2 | R^2 ajustado | AIC | SCH |
|---------------|--------|----------------|-------|-------|
| ARIMA (2,2,1) | 0,9966 | 0,9964 | 13,31 | 13,46 |
| ARIMA (2,2,4) | 0,9959 | 0,9954 | 13,60 | 13,85 |

D) Previsão

Após a escolha do modelo, foi feita a previsão da produção anual de celulose de fibra curta no Brasil para o período de 2006 a 2009, cujos dados não foram utilizados no modelo. A tabela 3 apresenta os valores reais e os valores previstos para esse período e a diferença percentual. Como pode ser observado, a previsão feita pelo modelo ARIMA (2,2,1) superestimou a produção média de celulose de fibra curta em apenas 0,2% no período de 2006 a 2009, sendo verificado um maior desvio para o ano de 2006. Isso implica que o modelo foi sensível para captar as mudanças ocorridas nesse período.

O coeficiente CDT encontrado sugere um bom ajustamento do modelo, e consequentemente das previsões para a série analisada (Tabela 4). Ressalte-se que esse coeficiente varia entre zero e um, sendo que zero indica um ajuste perfeito. Com relação a PT, PV e PC, o ideal é valor baixo para PT e PV e valor alto para PC, o que também foi observado nos resultados obtidos.

De acordo com o ajuste da previsão com o modelo ARIMA (2,2,1), valores semelhantes entre os dados observados e previstos foram encontrados (Figura 5). Desse modo, pode-se dizer que o modelo de previsão foi adequado e pode ser empregado para prever a produção futura de celulose de fibra curta no Brasil.

Tabela 3. Valores reais e previstos para os anos de 2006 a 2009 da série de produção de celulose de fibra curta no Brasil.

Table 3. Actual and projected values from 2006 to 2009 of annual production series of hardwood pulp in Brazil.

| Período | ARIMA (2,2,1) | | |
|---------|---------------|----------------|-------------|
| | Valor real | Valor previsto | Diferença % |
| 2006 | 9260,3 | 9441,6 | -1,96 |
| 2007 | 10001,0 | 9884,9 | 1,16 |
| 2008 | 10612,0 | 10609,0 | 0,03 |
| 2009 | 11248,7 | 11254,2 | -0,05 |

Tabela 4. Componentes de desigualdade de Theil para avaliação da previsão da produção anual de celulose de fibra curta no Brasil, no período de 1950 a 2009.

Table 4. Theil inequality components to evaluate the annual production forecast of hardwood pulp in Brazil, from 1950 to 2009.

| Testes | Coefficientes |
|---|---------------|
| Raiz do erro de previsão quadrático médio (REPQM) | 152,2840 |
| Erro absoluto médio (EAM) | 140,1384 |
| Percentual do erro absoluto médio (PEAM) | 9,543498 |
| Coefficiente de Desigualdade de Theil (CDT) | 0,026804 |
| Proporção de tendenciosidade (PT) | 0,005174 |
| Proporção de variância (PV) | 0,022074 |
| Proporção de covariância (PC) | 0,972753 |



Figura 5. Valores observados e valores previstos segundo o modelo ARIMA (2,2,1) para a produção anual de celulose de fibra curta no Brasil, no período de 1950 a 2009.

Figure 5. Observed and predicted values using ARIMA (2,2,1) model for the annual production of hardwood pulp in Brazil, from 1950 to 2009.

CONCLUSÕES

- O modelo ARIMA (2,2,1) foi eficiente e apresentou projeção satisfatória para a produção anual de celulose de fibra curta no Brasil, podendo ser utilizado para prever a produção futura em até quatro anos de forma confiável.
- A metodologia Box & Jenkins mostra-se de grande utilidade no campo da ciência florestal, pois fornece instrumentos para subsidiar decisões futuras com relação a planejamento, como, por exemplo, para o setor de celulose.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA). **Informativo Estatístico - Setor Florestal** - 2009. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra/index.html>> Acesso em: 03/09/2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário Estatístico** - 2009. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/>>. Acesso em: 03/01/2010.
- BARROS, G. S. C. **Economia da comercialização agrícola**. Piracicaba: Livroceres, 1980. 195 p.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1976. 375 p.
- COELHO JÚNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P. de; CALEGARIO, N.; SILVA, M. L. da. Análise longitudinal dos preços do carvão vegetal no estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 429 - 438, 2006.
- FISCHER, S. **Séries univariantes de tempo, metodologia de Box e Jenkins**. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística, 1982. 186 p.
- GILLERS, J. K.; BUNGIORNO, J. Papyrus: A model of the North American pulp and paper industry. **Forest Science**, Washington, v. 33, n. 1, 1987. (Monograph, 28)
- GOMIDE, J. L. Situação atual e perspectivas futuras do setor de celulose e papel no Brasil. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1988, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR/IBDF, 1988. p. 296 - 302.
- GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. 4. ed. São Paulo: Elsevier, 2006. 812 p.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting methods and applications**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 656 p.
- MYNBAEV, T. K.; LEMOS, A. **Manual de Econometria**. 2004. 348 p.
- MORRETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Previsão de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Atual Editora, 1987. 436 p.
- OLIVEIRA, A. D. **Análise das possíveis mudanças comerciais e estruturais do mercado internacional de celulose**. 132 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- OTERO, J. M. **Econometría - series temporales y predicción**. Madrid: Editorial AC, 1993. 487 p.
- SANTOS, C. M. dos; LIMA, J. E. Análise de previsão da arrecadação do ICMS no estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Administração**, São Paulo, v. 5, n. 4, p. 413 - 423, 2006.
- SEDDIGHI, H. R.; LAWYER, K. A.; KATOS, A. V. **Econometrics - a practical approach**. London: Routledge, 2000. 396 p.
- SILVA, M. L.; SILVA, J. M. A. Análise do comportamento temporal dos preços do carvão vegetal: aplicação do modelo e a avaliação da metodologia "Box and Jenkins". **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 57 - 67, 1996.
- SILVA, M. L. **Análise econométrica do mercado brasileiro de celulose e de papel e papelão**. 120 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.
- VALVERDE, S. R.; SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; NEIVA, S. de A. O comportamento do mercado da madeira de eucalipto no Brasil. **Biomassa e Energia**, v. 1, n. 4, p. 393 - 403, 2004.