

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

HELOISA PSCHEIDT

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PREVISÃO DA DEMANDA E DO PREÇO DE EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE
MADEIRA SERRADA DE CONÍFERAS PARA OS ESTADOS UNIDOS

CURITIBA

2017

HELOISA PSCHIEDT

PREVISÃO DA DEMANDA E DO PREÇO DE EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE
MADEIRA SERRADA DE CONÍFERAS PARA OS ESTADOS UNIDOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Behling

CURITIBA

2017

AGRADECIMENTOS

A minha família, que desde o começo me incentivou nessa jornada, por entender e aceitar os momentos de ausência, e mais importante, pelo suporte e apoio.

Aos bons professores da Engenharia Florestal, em especial ao meu professor orientador Alexandre Behling, pela amizade, incentivos e ensinamentos durante toda graduação, e principalmente por acreditar em mim e me acompanhar de maneira incansável nesse desafio.

A Alexandra Pimentel, por me conceder minha primeira oportunidade de trabalhar com exportação e assim instigar meu interesse por esse assunto, e também aos demais colegas de trabalho por todos os ensinamentos e momentos de descontração.

Ao meu namorado Marcelo pela paciência, carinho e por sempre me apoiar e acreditar no meu potencial.

Aos meus colegas, em especial a turma 2011/2, pela amizade cultivada nos últimos anos.

RESUMO

Desde 2012 as exportações brasileiras de madeira serrada vêm crescendo em média 18% ao ano, sendo essa uma atividade econômica de grande relevância. O objetivo deste trabalho foi elaborar modelos para prever o preço e a demanda de exportação brasileira da madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos, valendo-se da metodologia de Box & Jenkins. Para o ajuste dos modelos foram coletados valores mensais das variáveis volume e valor das exportações, com posterior cálculo do preço/m³, do período de janeiro de 1997 a agosto de 2016 e do período de setembro de 2016 a agosto de 2017 para a validação das projeções. A escolha do modelo mais adequado baseou-se nos critérios de informação de akaike (AIC) e erro percentual absoluto médio (MADE), na soma do quadrado dos resíduos (SQR), no erro padrão da estimativa relativo (Sxy(%)) e no comportamento dos resíduos. Os resultados obtidos indicaram que o modelo mais apropriado para realizar as previsões da demanda de exportação foi o Auto-regressivos integrados de média móvel (ARIMA) (5,1,3) e para efetuar as previsões do preço/m³ de exportação foi o ARIMA (4,1,2). As previsões para os próximos dois anos indicam que a demanda de exportação permanecerá constante e que o preço/m³ será de, em média, US\$219,63.

Palavras-chave: Metodologia Box & Jenkins; exportação; madeira serrada

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo iterativo de Box & Jenkins	20
Figura 2 - Série temporal do volume de madeira serrada de coníferas exportado para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016.	27
Figura 3 – Série temporal do preço por m ³ de madeira serrada de coníferas exportada para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016	28
Figura 4 - Representação gráfica da FAC da série original do volume e preço madeira serrada de coníferas exportada do Brasil para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016.	29
Figura 5 - Representação gráfica da FAC das séries após primeira diferença do volume e preço/m ³ de madeira serrada de coníferas exportada para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016.	31
Figura 6 - Representação gráfica da FAC e FACP da série após primeira diferença do volume exportado de madeira serrada para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016.	33
Figura 7 - Representação gráfica da FAC e FACP da série após primeira diferença do preço/m ³ madeira serrada exportada para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016.	34
Figura 8 - Resíduos em % do modelo ARIMA (5,1,3) de previsão de demanda de exportação de madeira serrada do Brasil para os Estados Unidos, entre setembro de 2016 e agosto de 2017.....	40
Figura 9 - Resíduos em % do modelo de previsão ARIMA (4,1,4) do preço/m ³ de exportação de madeira serrada do Brasil para os Estados Unidos, entre agosto de 2016 e setembro de 2017.	42
Figura 10 - Resíduos em % do modelo de previsão ARIMA (4,1,2) do preço/m ³ de exportação de madeira serrada do Brasil para os Estados Unidos, entre agosto de 2016 e setembro de 2017.	43
Figura 11 - Previsão da demanda de exportação brasileira da madeira serrada de coníferas pelo modelo ARIMA (5,1,3)	45
Figura 12 - Previsão do preço/m ³ de exportação brasileira da madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos pelo modelo ARIMA (4,1,2).....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Demanda de exportação de madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos pelo modelo ARIMA (5,1,3), prevista para setembro de 2017 a agosto de 2019.....	46
Quadro 2 - Preço/m ³ de exportação de madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos previsto pelo modelo ARIMA (4,1,1) para setembro de 2017 a agosto de 2019.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios para avaliação do modelo de previsão da demanda e preço de exportação de madeira serrada de coníferas escolhido.....	26
Tabela 2 - Modelos para previsão da demanda de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos (período)	36
Tabela 3 - Modelos de previsão do preço da madeira serrada de coníferas para exportação do Brasil para os Estados Unidos período?.....	38
Tabela 4 - Demanda de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos, observado e previsto pelo modelo ARIMA (5,1,3) para o período de setembro de 2016 a agosto de 2017.....	39
Tabela 5 - Preço/m ³ de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos, observado e previsto pelo modelo ARIMA (4,1,4) para o período entre setembro de 2016 e agosto de 2017.....	41
Tabela 6 - Preço/m ³ de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos, observado e previsto pelo modelo ARIMA (4,1,2) para o período entre setembro de 2016 e agosto de 2017.....	42

LISTA DE SIGLAS

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente

ADF – Dickey-Fuller Aumentado

AIC – Critério de Informação de Akaike

AR – Auto-regressivo

ARIMA – Auto-regressivos Integrados de Médias Móveis

ARMA – Auto-regressivo de Média Móvel

FAC – Função de autocorrelação

FACP – Função de autocorrelação parcial

HS - Sistema Harmonizado

IBA – Indústria Brasileira de Árvores

ITC – International Trade Center

MA – Média Móvel

MAPE – Erro percentual absoluto médio

p – Termo autoregressivo

q – Termo de média móvel

SARIMA - Autorregressivo Integrado de Média Móvel Sazonal

SQR – Soma do quadrado dos resíduos

Sxy% - Erro padrão da estimativa relativo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 Madeira serrada	13
3.2 Exportações brasileiras de madeira serrada	14
3.3 Análise de séries temporais	15
3.3.1 Abordagem Box & Jenkins	16
3.4.1 Critérios de seleção de modelos	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Material	22
4.1.1 Fonte de dados	22
4.1.2 Tratamento dos dados	22
4.2 Métodos	23
4.2.1 Verificação de estacionariedade	23
4.2.2 Identificação do modelo	24
4.2.3 Estimação	25
4.2.4 Verificação	26
4.2.5 Previsões	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Verificação da estacionariedade	27
5.2 Transformação dos dados	30
5.3 Identificação	32
5.3.1 Escolha de d	32
5.3.2 Escolha de p e q	32
5.4 Estimação dos parâmetros	36
5.4.1 Previsão da demanda	36
5.4.2 Previsão do preço	37

5.5 Verificação	39
5.5.1 Previsão da demanda	
5.5.2 Previsão do preço	41
5.4 Previsões	44
5.5.1 Previsão da demanda	44
5.5.1 Previsão do preço	47
6 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

Em 2016, as exportações de madeira serrada movimentaram mundialmente US\$34,6 bilhões, representando um aumento de 3,2% em relação ao ano anterior (International Trade Center (ITC), 2017). Ocupando a 14ª posição, o Brasil destaca-se entre os países comercializadores deste produto. Com um crescimento médio de 18% ao ano a partir 2012, o país movimentou em 2016 um montante superior a US\$ 537.187.000, correspondente a comercialização de 2.097.108 m³ de madeira. Identificadas pelo código HS 550710, a madeira serrada de coníferas, representadas principalmente pelo gênero *Pinus*, contribuíram com 67,23% do valor (ITC, 2017).

Os Estados Unidos é o segundo maior importador de madeira serrada a nível mundial (UNCOMTRADE, 2017). O Brasil ocupa a terceira posição no ranking de maiores fornecedores de serrados para o país, contribuindo com 2,4% do total das importações, atrás do Canadá (84%) e Chile (2,8%) (UNCOMTRADE, 2017).

Para permanecer no mercado internacional de forma competitiva, é necessário que *stakeholders* envolvidos nesse tipo de operação, como fornecedores e empresas exportadoras, possam dimensionar sua produção, venda e volume de estoque. De forma a reduzir as incertezas no processo de tomada de decisões, o uso de modelos de previsão de séries temporais pode ser uma ferramenta de apoio, com base em técnicas estatísticas.

De acordo com Makridakis *et al.* (1998), o conhecimento do comportamento da demanda é importante para auxiliar na determinação dos recursos necessários para a empresa. De maneira análoga, previsões de preços podem ser úteis para o planejamento da produção, para a manutenção e formação de estoques, de forma a aproveitar mais eficientemente as fases de alta e baixa nos preços, visando à maximização dos lucros (GUTIERREZ E ALMEIDA, 2013). Silva *et al.* (1997) relatam que cada dia mais análises econométricas têm se tornado importantes na economia moderna, por investigarem respostas do sistema econômico, em curto prazo, às inúmeras mudanças a ele impostas. Dada à importância das exportações de produtos florestais no país, alinhado as incertezas sobre o comportamento da oferta, demanda e preço de produtos

madeireiros, estudos econométricos para o referido mercado devem ser realizados (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi ajustar um modelo, utilizando a metodologia Box & Jenkins, para realizar previsões da demanda e do preço da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Propor estimativas da demanda e do preço por metro cubico (m³) das exportações brasileiras de madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar a importância e contribuição das exportações brasileiras de madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos.

- Analisar a estacionariedade das séries temporais volume e preço das exportações brasileiras de serrados de coníferas para os Estados Unidos;

-Ajustar modelos de previsão de demanda e preço por meio da metodologia Box & Jenkins e selecionar a equação mais apropriada;

- Realizar previsões de demanda e preço/m³ a curto prazo;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Madeira serrada

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (Abimci) (2011), madeira serrada pode ser genericamente definida como tábuas, pranchas, blocos, dormentes, dentre outros formatos e dimensões das peças de madeira após o desdobro direto de toras, com espessura superior a 5mm. A madeira serrada produzida no Brasil tem como matéria prima madeira proveniente de espécies de coníferas, também conhecidas como *softwood*, como pinus e araucária, e não coníferas, chamadas também de *hardwood*, como eucalipto e mogno (PEREZ E BACHA, 2006).

A produção brasileira de madeira serrada oriunda de árvores plantadas atingiu em 2016, 8,6 milhões de metros cúbicos. Atualmente, 26% da madeira serrada produzida no Brasil é destinada a exportação, e 74% é comercializada no mercado doméstico (Indústria Brasileira de Árvores (IBA), 2016).

O estudo de previsões de demanda e preço de madeira serrada pode contribuir com o planejamento estratégico de agentes envolvidos na produção e comercialização do produto, além de apontar uma oportunidade de negócio, em casos de previsões favoráveis. Cordeiro *et al.* (2010) descreve a importância de realizar previsões de preço de exportação da madeira serrada, destacando que essas estimativas podem orientar sobre os melhores meios de selecionar empreendimentos, dimensionar vendas e planejar o volume de estoque. De acordo com Miranda *et al.* (2011), as previsões de demanda podem ser um ponto de partida para o planejamento do fluxo de caixa, da produção, venda, manutenção de estoques, compras, entre outras atividades. Essas previsões são principalmente úteis para produtos de base florestal, em decorrência do longo prazo necessário para a produção de madeira (ALMEIDA *et al.*, 2010).

3.2 Exportações brasileiras de madeira serrada

Em 2015, as exportações brasileiras de produtos florestais movimentaram um montante superior a US\$ 10.026.851.000, representando 5,25% do total das exportações brasileiras (UNCOMTRADE, 2017).

No sistema padronizado de codificação e classificação, designado de Sistema Harmonizado (SH) desenvolvido e mantido pela Organização Mundial das Alfândegas (AGUIAR E FERNANDES, 2014) a madeira serrada está identificada pelo código 4407. A madeira serrada de coníferas, mais especificadamente, é encontrada com o código 440710.

Dentre as categorias de produtos florestais, a de madeira serrada, representada pela nomenclatura SH pelo código 4407, tem grande importância e representatividade nas exportações brasileiras. Em 2016, o país exportou 2.097.108 m³, movimentando US\$ 537.187.537 e apresentando um aumento de 39% com relação ao volume exportado em 2015 (ALICEWEB, 2017). Em valor, os serrados de coníferas em específico, representaram mais que 67% dessa categoria, e em termos volumétricos 77% da comercialização (ITC, 2017).

Atrás apenas da China, os Estados Unidos é o segundo maior importador de produtos florestais no mundo. Em 2016, o país movimentou US\$ 19.537.912.000 nessa operação, sendo que deste valor, 34% foi resultante da importação de madeira serrada. O país destaca-se entre os destinos dos produtos brasileiros de base florestal, absorvendo 21,06% do volume total exportado (UnComtrade, 2017). Dentre as categorias de produtos madeireiros importados pelo país norte americano, a madeira serrada é a de maior participação, com 31%, representando grande relevância econômica. O Brasil ocupa a terceira posição no ranking de maiores fornecedores de serrados para os Estados Unidos, representando 2,4% do total das importações, atrás do Canadá (84%) e Chile (2,8%). Só em 2016, os Estados Unidos absorveu do Brasil um equivalente a US\$139.968.000, correspondendo a 38% das exportações brasileiras de madeira serrada de coníferas (ITC, 2017).

3.3 Análise de séries temporais

Uma série temporal, de acordo com Morettin e Toloí (1981), caracteriza-se como um conjunto de observações ordenadas no tempo, o qual é composto por quatro elementos:

1. *Tendência*: refere-se ao sentido de deslocamento da série ao longo do tempo.
2. *Ciclo*: movimento ondulatório que ao longo dos anos tende a ser periódico.
3. *Sazonalidade*: movimento ondulatório de curta duração, normalmente menor que um ano; associada, em grande parte das situações, a mudanças climáticas.
4. *Ruído aleatório ou erro*: variabilidade referente aos dados, a qual não é possível ser modelada.

De acordo com Gujarati (2006), a análise de séries temporais tem como objetivo identificar padrões não aleatórios na série de uma variável de interesse, e com base na observação deste comportamento passado, realizar previsões sobre o futuro, auxiliando na tomada de decisões.

As análises de séries temporais podem ser separadas em dois tipos de métodos: domínio da frequência e domínio do tempo (MADDALA, 2003). As que enfatizam o domínio da frequência verificam o número de vezes que os eventos ocorrem em um determinado período. A técnica utilizada nesse método é chamada de análise espectral. Já em métodos de análise no domínio do tempo, estuda-se a evolução da série temporal do processo, com o objetivo de identificar a magnitude de cada evento nos instantes da série. De maneira geral a análise é baseada em modelos paramétricos.

A metodologia Box & Jenkins, técnica de domínio de tempo descrita por esses autores na década de 70, é uma das mais usadas para análise de séries temporais. Essa popularidade é em decorrência de sua generalidade, já que pode analisar dados estacionários ou não, com ou sem elementos sazonais, além da existência de diversos *softwares* estatísticos para sua aplicação (MADDALA, 2003). De acordo com Gujarati (2006), a metodologia resulta em previsões mais confiáveis que modelos econométricos tradicionais, especialmente para previsões de curto prazo.

3.3.1 Abordagem Box & Jenkins

Os modelos de Box & Jenkins (1970), também encontrados na literatura como ARIMA, *Auto Regressive Integrated Moving Averages*, denominados em português como Auto-regressivos Integrados de Médias Móveis, são modelos estatísticos que tem como objetivo compreender o comportamento da correlação seriada ou autocorrelação entre valores de uma série temporal, e realizar previsões futuras com base neste comportamento. Essa abordagem, diferentemente de modelos de regressão, permite que Y_t seja explicado por valores passados ou defasados, do próprio t , e dos termos de erros estocásticos, ou seja, dos resíduos aleatórios (MADDALA, 2003). Os modelos Box & Jenkins não possuem embasamento em teorias econômicas.

Essa abordagem, de acordo com Fava (2000), é resultado da combinação de três componentes designados “filtros”: o componente auto-regressivo (AR), o filtro de integração (I) e o componente de médias móveis (MA). Uma série pode ser modelada pelos três filtros ou pelo subconjunto deles, originando modelos estacionários, não estacionários ou sazonais, descritos a seguir.

3.3.1.1 Modelos Estacionários

Modelos estacionários refletem que a série está em equilíbrio estável. Isso significa que o processo se desenvolve ao longo do tempo de forma aleatória ao redor de uma média constante. Os modelos auto-regressivo (AR), de média móvel (MA) e auto-regressivos de médias móveis (ARMA), expressam séries temporais estacionárias de forma adequada, e serão melhor explicados nos itens abaixo (FRANCO, sd; BEZERRA, 2006)

3.3.1.1.1 Modelos auto-regressivo (AR)

Um modelo auto-regressivo (AR) assemelha-se a uma regressão linear, em que a série de dados históricos Y_t é descrita por seus valores passados regredidos e pelo resíduo aleatório (WERNER E RIBEIRO, 2003). De acordo com Matos (2000) os valores correntes de uma série Y_t são dependentes somente da função linear de seus valores passados e dos erros aleatórios. Pode se expressar os modelos AR da seguinte maneira:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot Y_{t-1} + \alpha_2 \cdot Y_{t-2} + \dots + \alpha_p \cdot Y_{t-p} + e_t$$

Onde:

α_0 : Termo constante

p : Número de defasagens (lags ou atrasos) de Y_t ,

e_t : Resíduo ou erro aleatório não autocorrelacionado e normalmente distribuído

α_p : Coeficiente auto-regressivo de cada defasagem.

A forma mais simplificada de um processo AR tem $p=1$, ou seja, contém apenas uma defasagem. Para encontrar o número adequado de defasagens, deve ser basear na análise da função de autocorrelação parcial (FACP) (BEZERRA, 2006).

3.3.1.1.2 Modelo de Média Móvel (MA)

No modelo de média móvel (*moving average*), os valores da série Y_t são resultado de uma soma ponderada dos valores mais recentes dos erros aleatórios (Matos, 2000). Dessa forma, o MA expressa os valores correntes da série Y_t como uma função linear dos valores passados dos erros aleatórios não correlacionados até um número finito de defasagens. Pode se expressar os modelos MA matematicamente da seguinte maneira:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot Y_{t-1} + \beta_2 \cdot Y_{t-2} + \dots + \beta_p \cdot Y_{t-p} + e_t$$

Onde:

β_0 : Termo constante

p : Número de defasagens (lags ou atrasos) de Y_t ,

et: Resíduo ou erro aleatório não autocorrelacionado e normalmente distribuído
 α_p : Coeficiente auto-regressivo de cada defasagem
 β_p : Coeficiente da média móvel de cada defasagem.

As q defasagens são determinadas com base nas funções de autocorrelação simples (FAC) ou pelos critérios de informação de Akaike e de Schwarz (Padilha *et al.*, 2013).

3.3.1.1.3 Modelos auto-regressivos de médias móveis (ARMA)

Os modelos ARMA são resultantes da combinação dos modelos AR e MA. Esses existem caso seja vantajoso utilizar ambos componentes, condição que ocorre caso seja necessário utilizar um grande número de parâmetros em modelos puramente MA ou AR. A mistura dos componentes, portanto, exigirá um número menor de termos de um modelo MA como de um modelo AR (Bandeira, 2014).

Pode se expressar os modelos ARMA matematicamente da seguinte maneira:

$$Y_t = n_0 + \alpha_1 \cdot Y_{t-1} + \alpha_2 \cdot Y_{t-2} + \dots + \alpha_p \cdot Y_{t-p} + et + \beta_1 \cdot Y_{t-1} + \beta_2 \cdot Y_{t-2} + \dots + \beta_p \cdot Y_{t-p} + et$$

Onde:

n_0 = termo constante

p : Número de defasagens (lags ou atrasos) de Y_t ,

et: Resíduo ou erro aleatório não autocorrelacionado e normalmente distribuído

β_p : Coeficiente da média móvel de cada defasagem.

3.3.1.2 Modelos não-estacionários

De acordo com Matos (2000) a maioria das séries temporais caracterizam-se como não estacionárias. Modelos não-estacionários são aqueles representados por uma série temporal que apresenta média e variância dependentes do tempo.

Uma série com comportamento de não-estacionariedade tem as seguintes características:

- a) há inclinação nos dados e eles não permanecem ao redor de uma linha horizontal ao longo do tempo e/ou;
- b) a variação dos dados não permanece essencialmente constante sobre o tempo, isto é, as flutuações aumentam ou diminuem com o passar do tempo, indicando que a variância está se alterando.

Entretanto, a utilização da metodologia de Box & Jenkins requer que as séries temporais sejam estacionárias ou passíveis de estacionariedade. Essa condição, de acordo com Gujarati (2006), expressa que as variáveis não apresentam tendências e são estáveis ao longo do tempo, e é importante para que a previsão com base na regressão de séries temporais concretize a premissa de que o futuro se comportará conforme o passado. Caso uma série seja não estacionária, deve-se diferencia-la d vezes, até torna-la estacionária, e então aplicar o modelo ARIMA (p, q, d) .

Existem várias formas para detectar a não-estacionariedade de uma série. Pode ser ter uma ideia inicial analisado graficamente, mas é importante aplicar algum teste para verificar essa condição. Maddala (2003) sugere estudar o correlograma das séries, verificando seu comportamento a medida que o número de defasagens torne-se grande. De acordo com Gujarati (2006), os testes mais comumente aplicados são os testes estatísticos de raiz unitária, sendo o mais utilizado o denominado de Dickey-Fuller Aumentado (ADF).

3.3.1.3 Modelos sazonais

Os modelos sazonais, também denominados de Autorregressivo Integrado de Média Móvel Sazonal (SARIMA), apresentam autocorrelação entre os valores da série em períodos inferiores a um ano. Isso significa que as observações em qualquer mês serão, no geral, afetadas por alguma tendência específica daquele mês (MADDALA, 2003).

Para incorporar o comportamento de sazonalidade, os modelos SARIMA são compostos por duas partes: uma parte não sazonal, com parâmetros (p,d,q) , e uma sazonal, com parâmetros $(p,d,q)_s$ (ESPINOSA; PRADO; GHELLERE, 2010)

3.3.1.4 Construção do modelo

De acordo com Box & Jenkins (1976), a construção de modelos consiste em quatro etapas, resumidas na Figura 01 e explicadas na sequência conforme apresentado por Gujarati (2006).



Figura 1 - Ciclo iterativo de Box & Jenkins
Fonte: Gujarati (2006)

1. Identificação: Nesta etapa, deve-se verificar, dentre as diferentes versões dos modelos, qual melhor descreve o comportamento da série. Para identificar o modelo a ser estimado, é necessário analisar o comportamento das funções de autocorrelações (FAC) e das funções de autocorrelações parciais (FACP).
2. Estimação: Após identificar o modelo, a próxima etapa é estimar os parâmetros dos termos autorregressivos (p) e de médias móveis (q) incluídos no modelo. Essa etapa pode ser feita pelo método dos mínimos quadrados.
3. Verificação de diagnóstico: Consiste na avaliação do modelo, verificando se este é adequado para descrever o comportamento dos dados. Se o modelo não se mostrar adequado, o ciclo é repetido, voltando-se à fase de identificação.

4. Previsão: Ao encontrar o modelo satisfatório, realiza-se a última etapa da metodologia de Box & Jenkins: realizar previsões.

3.4.1 Critérios de seleção de modelos

De acordo Ehlers (2007), os critérios de seleção auxiliam na escolha do modelo, já que avaliam a qualidade do ajuste e penalizam a adição de parâmetros extras. Alguns desses critérios, de acordo com esse autor, são:

1 - Critério de Informação de Akaike (AIC): é um dos mais utilizados para escolha de modelos de séries temporais, e avalia a qualidade do ajuste do modelo pelo método de máxima verossimilhança.

2 - Erro percentual absoluto médio (MAPE): que expressa a acurácia do erro em percentagem, sendo calculado pela média de todos os erros absolutos percentuais.

3 - Soma dos quadrados dos resíduos (SQR): que mede as diferenças entre o valor estimado e os dados observados,

4 - Erro padrão da estimativa ($S_{xy}\%$): que é uma medida variação de uma média amostral em relação à média da população,

5- Análise de resíduos: que permite verificar se os resíduos estão bem distribuídos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Fonte de dados

Para aplicação da metodologia Box & Jenkins, foram obtidos dados de valores (US\$) e volume (m³) de madeira serrada de coníferas comercializados entre o Brasil e os Estados Unidos, do período de janeiro de 1997 a agosto de 2017. Esses dados estão disponíveis no sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior – *AliceWEB*.

Para ajuste do modelo, foram utilizados dados do período que compreende janeiro de 1997 a agosto de 2016. Para validação das projeções, foram utilizados dados das mesmas variáveis para o período de setembro de 2016 a agosto de 2017.

Os dados foram coletados utilizando o código de identificação do Sistema Harmonizado de Designação e de Codificação de Mercadorias (SH), que identifica a madeira serrada de coníferas pelo código 440710.

Foram analisados os dados referentes ao valor exportado (US\$) e volume (m³) por mês. Por sua vez, os dados de preço médio unitário foram calculados dividindo-se o valor de exportação pela quantidade exportada para cada ano, conforme indicado pela Equação 1.

$$\text{Preço médio (US\$/m}^3) = \frac{\text{Valor(US\$)}}{\text{Volume(m}^3)} \quad (1)$$

4.1.2 Tratamento dos dados

Para deflacionar a série de dados visando a correção da inflação no período analisado, utilizou-se a metodologia proposta por Thompson (2009), conforme equação 02.

$$\text{Preço real}_{(t)} = \frac{\text{CPI}_{(t)}}{\text{CPI}_{(\text{agosto}/2016)}} \times \text{preço nominal}_{(t)} \quad (2)$$

Onde:

t: período de referência

CPI: Consumer Price Index

O índice de preços utilizado para correção da inflação foi o *Consumer Price Index* (CPI), índice americano de preços mais conhecido no país, disponibilizado pelo *U.S. Department of Labor Bureau of Labor Statistic*.

A base de dados utilizada contém algumas falhas de reportagem para alguns meses, apresentando valores muito discrepantes em termos volumétricos, e, conseqüentemente em valor/m³, dos demais apresentados. Portanto, valores que prejudicavam a análise foram retirados da série e substituídos por valores extrapolados de acordo com o peso da mercadoria, disponibilizado também pelo *Alice web*. Quando extrapolados pelo peso, o valor/m³ também se adequou, reafirmando que o volume possivelmente foi reportado de maneira incorreta no *website*.

4.2 Métodos

A modelagem da demanda e do preço por metro cubico (m³) das exportações brasileiras de madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos foi realizada conforme os passos descritos na sequência. A modelagem foi realizada por meio do *software* estatístico *XLStat*.

4.2.1 Verificação de estacionariedade

Para verificação de estacionariedade, primeiramente foi realizada uma análise gráfica das variáveis preço e volume, de forma a identificar a presença ou não de tendência. Adicionalmente, determinou-se a FAC dos dados, conforme sugerido por Maddala (2003). Esta função ρ_k representa a correlação entre as observações de uma série temporal que são separadas por *k* unidades de tempo, e matematicamente é calculada como:

$$\rho_k = \frac{y_k}{y_0}$$

Onde:

γ_k = covariância com defasagem k e

γ_0 = variância

Com os valores da FAC, gerou-se um correlograma amostral para análise visual dos dados, sendo aplicados os seguintes critérios para identificar o comportamento estacionário ou não das séries:

- 1) Sugere-se que para k maior que 5, o valor de ρ_k for maior que 0,7, a série pode ser considerada não estacionária
- 2) Se a FAC encerra ou diminui rapidamente – A série é estacionária
- 3) Se a FAC encerra ou diminui de forma gradual – A série é não estacionária

De forma a confirmar o comportamento estacionário das séries, realizou-se o teste de raiz unitária Dickey-Fuller Aumentado (ADF), que permite verificar se a hipótese nula (H_0), de que a série testada possui raiz unitária, é rejeitada ao nível de significância de 5%.

Se a série das variáveis analisadas não forem estacionárias em nível (na unidade original), ou seja, se H_0 não for rejeitado, é necessário fazer transformações nos dados (GUJARATI, 2006) até que condição de estacionariedade se torne válida (CORDEIRO *et al.*, 2010).

Para transformação dos dados em estacionários tomou-se as primeiras diferenças da série. De acordo com Gujarati (2006), esse é um dos métodos mais comuns para transformação de séries temporais não estacionárias. Após a transformação dos dados, pode-se, então, aplicar a metodologia de Box & Jenkins.

4.2.1 Identificação do modelo

A identificação da ordem do modelo ARIMA (p,d,q) foi feita por meio das FAC e da autocorrelação parcial (FACP), função que consiste na sequência de correlações entre Y_t e Y_{t-1} , Y_t e Y_{t-2} , Y_t e Y_{t-3} , e, assim por diante, mantendo os valores defasados intermediários constantes (RATNIEKS, 2010).

4.2.2.1 Escolha de d

Conforme supramencionado, se uma série apresenta comportamento de não-estacionariedade, as autocorrelações estimadas terão valores absolutos altos para todos os lags, que corresponde ao número de períodos de tempo que separa os dados de séries temporais.

Nesse caso, aplica-se sucessivamente o operador diferença à série até que esta se torne estacionária. Ou seja, o número de diferenciações necessárias para transformar uma série não estacionária em estacionária corresponde a ordem do componente d , também denominado de ordem de integração (I).

4.2 Escolha de p e q

A determinação de p e q foi realizada com base na análise de FACP e da FAC. Além da análise da FAC e FACP, foram ajustados modelos com diferentes ordens de p e q , escolhidos por meio de tentativa, de forma a comparar o desempenho das diferentes equações.

Vários modelos foram ajustados, no entanto, encontram-se apresentados no trabalho apenas os que apresentaram melhores resultados, levando em consideração a SQR, S_{xy} (%), o comportamento dos resíduos, e os critérios AIC e MAPE. Após estimados os coeficientes, conforme descrito no próximo item, os modelos foram comparados e só então definiu-se a ordem dos componentes.

4.2.2 Estimação

Estimou-se o modelo de previsão da demanda pelo método mínimos quadrados. Após estimados os coeficientes, foi realizada uma análise da performance dos diferentes modelos ajustados, com auxílio de critérios de seleção.

Para este trabalho, foram avaliados a soma do quadrado dos resíduos (Equação 3), o erro absoluto médio percentual (Equação 4), o erro padrão de estimativa (Equação 5); o critério de informação de Akaike (Equação 6), e a análise gráfica de resíduos (Equação 7), conforme apresentados na Tabela 01.

Tabela 1 - Critérios para avaliação do modelo de previsão da demanda e preço de exportação de madeira serrada de coníferas escolhido.

Critério	Estatística
Soma de Quadrados dos Resíduos	$SQR = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$ (3)
Erro absoluto médio percentual	$MAPE = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)/y_i}{n} \times 100$ (4)
Erro padrão da estimativa relativo	$S_{yx}\% = \frac{s_{yx}}{\bar{y}} 100$ onde: $S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-p}}$ (5)
Critério de Informação de Akaike	$AIC = -2n \left(\frac{-n}{2} \ln \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2 \right) \right) + 2p$ (6)
Análise dos resíduos (em %)	$r_i = \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i} * 100$ (7)

Onde: n = número de observações; p = número de parâmetros do modelo

\hat{y}_i = valores estimados y_i = valores observados.

Fonte: O autor (2017)

4.2.3 Verificação

A verificação consiste em confirmar a eficiência do modelo identificado. Uma das maneiras é por meio da análise de resíduos, Gujarati (2006) sugere que os resíduos devem se comportar como um resíduo branco, o que significa apresentar uma distribuição normal, com média zero e variância constante.

Para verificação de diagnóstico do modelo foram realizadas previsões para 12 meses, correspondente ao período de setembro de 2016 a agosto de 2017. Com os dados estimados e observados, realizou-se também a análise gráfica de resíduos.

4.2.4 Previsões

As previsões foram realizadas para um período de 24 meses, período que compreende setembro de 2017 a agosto de 2019. Antes de realizar as previsões foi realizado um comparativo entre as séries históricas originais e as ajustadas, visando avaliar a acuracidade do modelo. Os resultados dessa análise foram apresentados graficamente e de forma descritiva.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Verificação da estacionariedade

Na Figuras 2 e 3 estão apresentados, respectivamente, os gráficos das séries original do volume e do preço real (com correção da inflação) da madeira serrada de coníferas, exportado para os Estados Unidos, no período de janeiro 1997 até agosto de 2016.

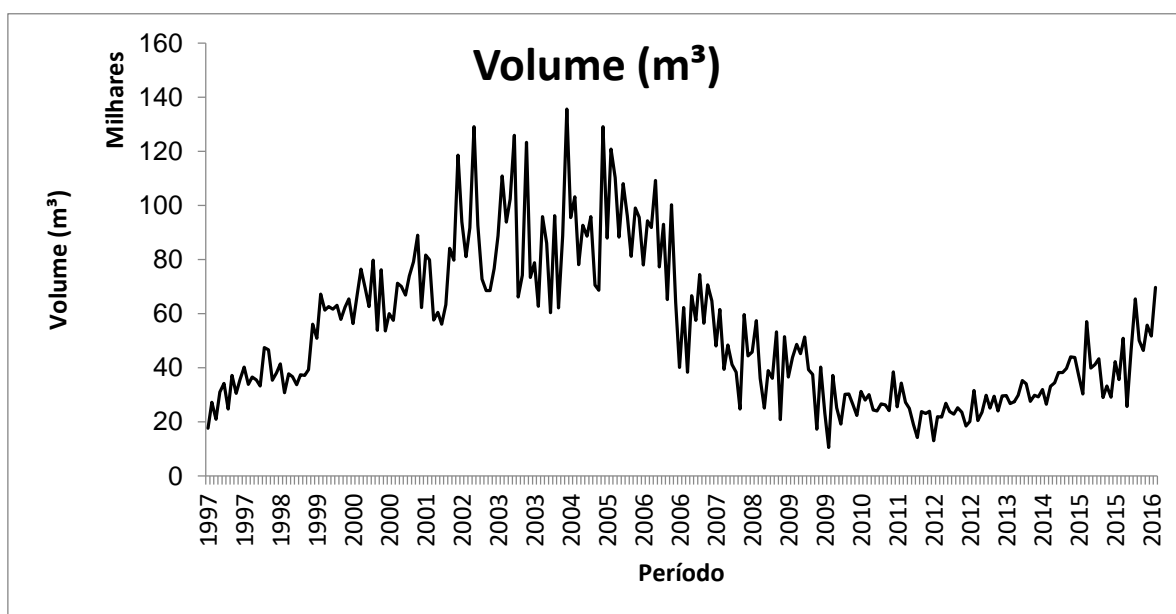


Figura 2 - Série temporal do volume de madeira serrada de coníferas exportado para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016.

Fonte: O autor (2017)

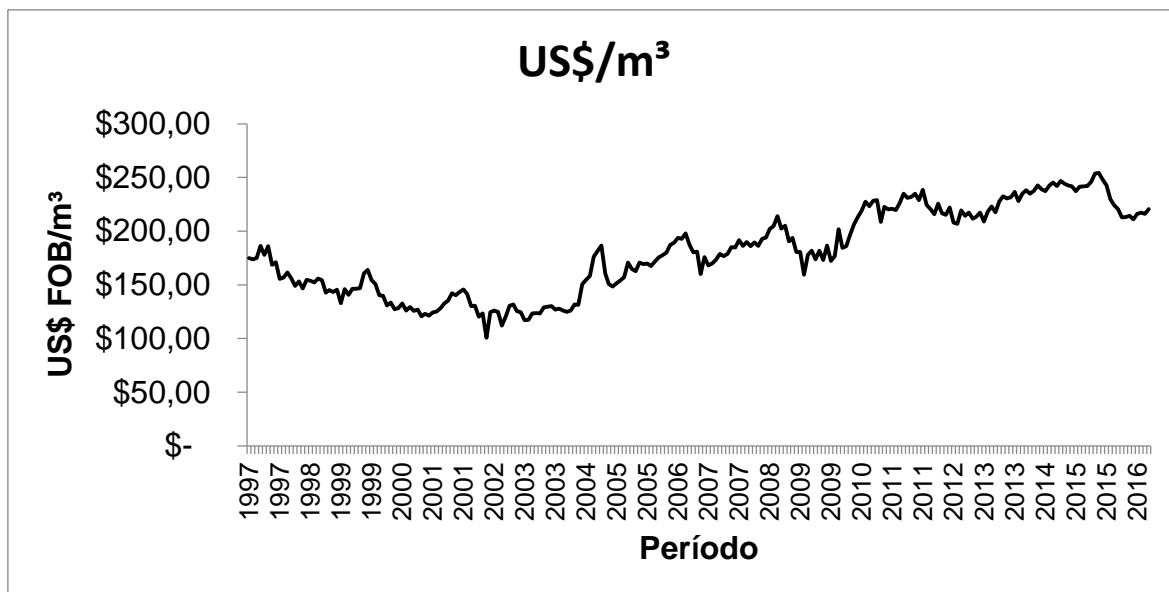


Figura 3 – Série temporal do preço por m³ de madeira serrada de coníferas exportada para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016.

Fonte: O autor (2017)

Visualmente é possível identificar tendência para as duas variáveis. Apesar de períodos de grande oscilação para variável demanda, nota-se que, de maneira geral, entre 1997 e 2005 houve um aumento do volume exportado, atingindo o pico dos últimos 20 anos em junho de 2004, somando 135.548 m³. Já a partir de 2005, observa-se uma queda nas exportações, que apresentaram seu menor valor em novembro de 2009. A partir de 2012 é possível identificar uma retomada no crescimento da demanda, atingindo em setembro de 2016 o maior valor desde 2012.

Já para a variável preço é possível identificar, de maneira geral, uma queda entre 1997 e 2001, com oscilações a partir de então. Março de 2002 foi o período que apresentou o menor valor para variável, de US\$100,73/m³, enquanto que o maior valor foi registrado em julho de 2015, atingindo US\$256,56m³. Pode-se ainda notar que os períodos de queda de preço associam-se com os de alta demanda, e vice-versa, evidenciando a lei da oferta e demanda.

Para atestar o comportamento das séries, estão apresentados os correlogramas dos valores da FAC das duas variáveis na Figura 4.

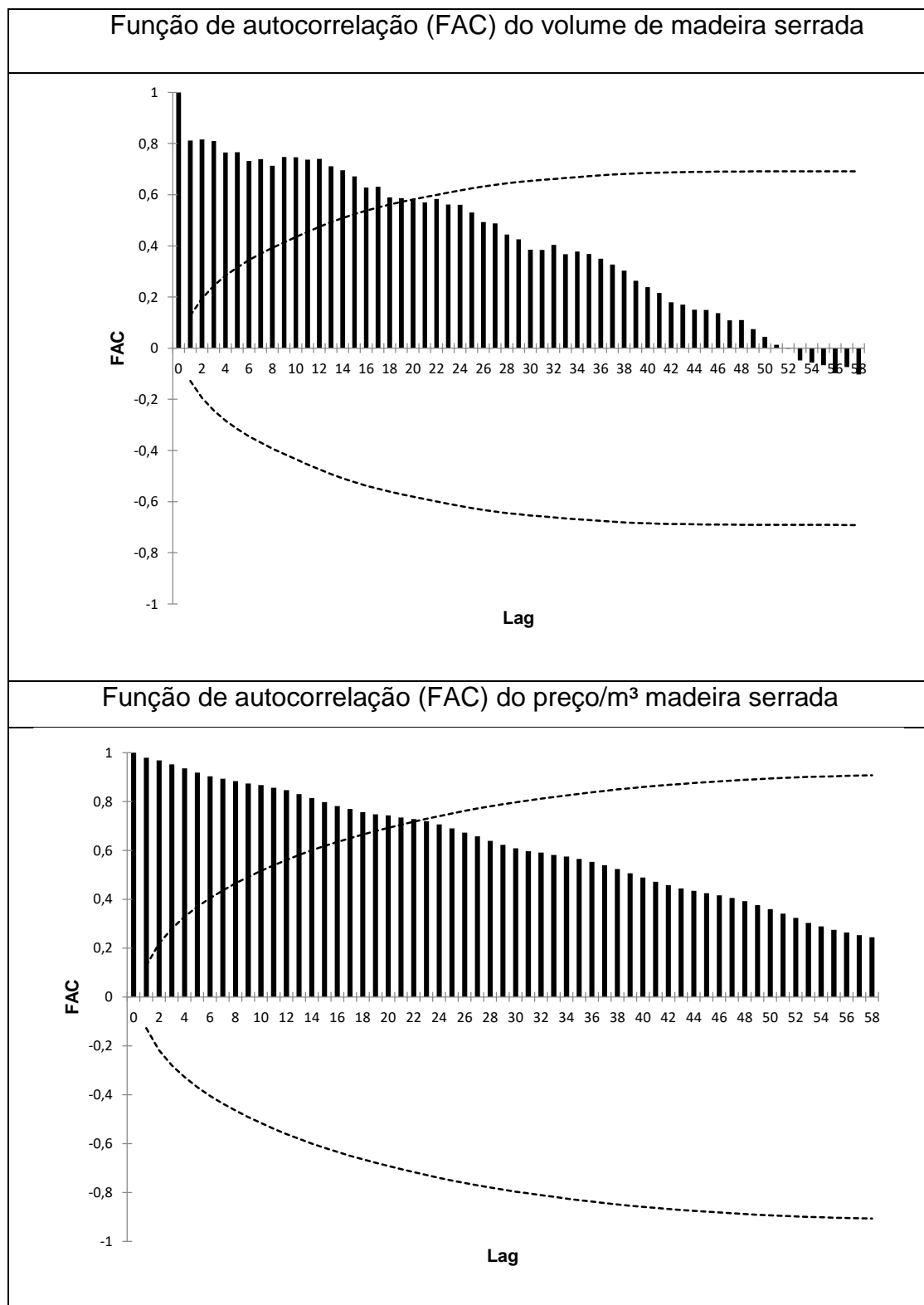


Figura 4 - Representação gráfica da FAC da série original do volume e preço madeira serrada de coníferas exportada do Brasil para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016.

Fonte: O autor (2017)

É possível evidenciar que a FAC declina muito lentamente, e que para k maior que 5, existem valores de ρk maiores que 0,7, indicando a não estacionariedade das séries temporais originais.

O teste ADF evidenciou que a hipótese nula indicando a presença de raíz unitária não foi rejeitada ao nível de significância de 5%, resultando em um p -valor de 0,528 para variável volume e para variável preço p -valor de 0,096. Assim, por meio desse teste foi identificada a necessidade da transformação dos dados.

Os resultados observados corroboram com outros descritos na literatura. Noce (2009) ao aplicar o teste ADF para verificar a presença de tendência na variável demanda por madeira serrada na Amazônia observou que a série não se mostrou estacionária em nível, apenas em primeira diferença. Souza *et al.* (2006) ao analisarem a série histórica de preços de madeira serrada pago as exportações paranaenses no período de 1989 à 2007 também identificaram a presença de raíz unitária nos dados, sendo necessário realizar a transformação. De maneira semelhante, Soares *et al.* (2009) antes de aplicarem a metodologia Box & Jenkins para prever o preço da madeira de *Eucalyptus spp*, realizaram a transformação dos dados, já que o teste ADF apontou o comportamento não estacionário da séries temporais originais. Portanto, é comum a necessidade da transformação de dados em séries temporais para torná-las estacionárias.

5.2 Transformação dos dados

Buscando tornar a série estacionária, aplicou-se a primeira diferença da variável. Na Figura 5 estão apresentados os correlogramas da FAC da 1ª diferença das séries históricas.

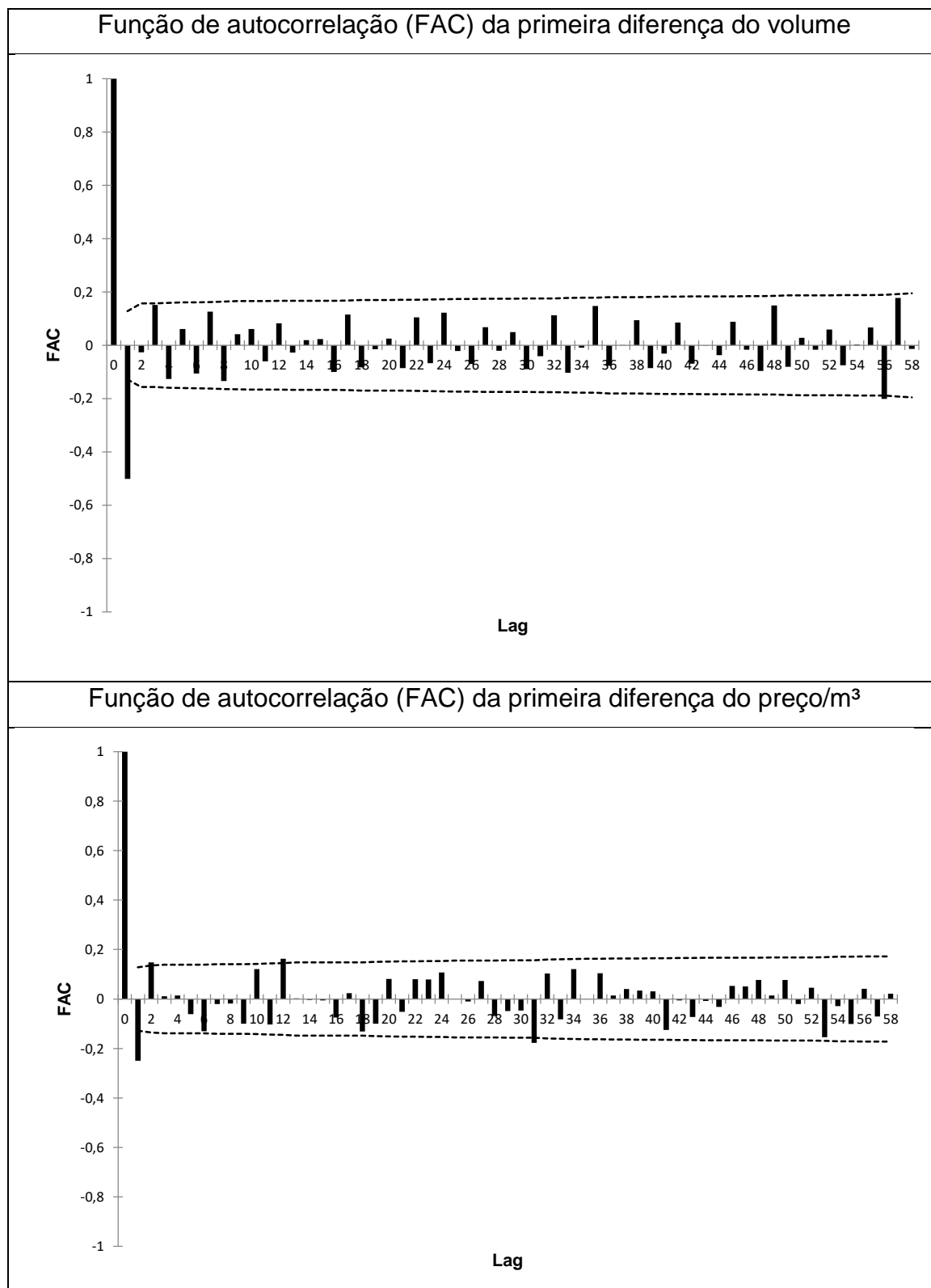


Figura 5 - Representação gráfica da FAC das séries após primeira diferença do volume e preço/m³ de madeira serrada de coníferas exportada para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016.

Fonte: O autor (2017)

É possível evidenciar que para ambas variáveis a FAC diminui rapidamente, apontando que com a primeira diferença ($d=1$) as séries apresentam comportamento estacionário. O teste ADF confirmou esse comportamento, tendo sido a hipótese nula de raiz unitária rejeitada a um nível significância igual a 5%, com p-valor de 0.03025 e 0,0001, para volume e preço, respectivamente, indicando que a série é estacionária em primeira diferença.

Assim, alcançou-se a estacionaridade da série por meio da transformação dos dados, podendo-se, então, iniciar as etapas do processo Box & Jenkins.

5.3 Identificação

5.3.1 Escolha de d

Tendo sido aplicado o operador de diferença da série das duas variáveis uma vez, o componente d teve grau 1.

A ordem 1 para o componente d também foi utilizada em diversas pesquisas conduzidas na área florestal. Castro *et al.* (2012) utilizaram ordem 01 para esse componente em modelos para prever a produção de madeira serrada de coníferas e não coníferas. Cordeiro *et al.* (2010) para ajustarem modelos de previsões do preço de exportação da madeira serrada de Pinus no Brasil, aplicaram a primeira para a série histórica. Semelhantemente, Coelho Junior (2014) aplicou a ordem 01 de diferenciação a série dos indicadores econômicos Câmbio, Ibovespa e Selic antes de ajustar modelos de previsão.

5.3.2 Escolha de p e q

Os autocorrelogramas da FAC e FACP das variáveis temporais, utilizados para determinar a ordem de p e q , para variável volume e para variável preço, estão apresentados nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

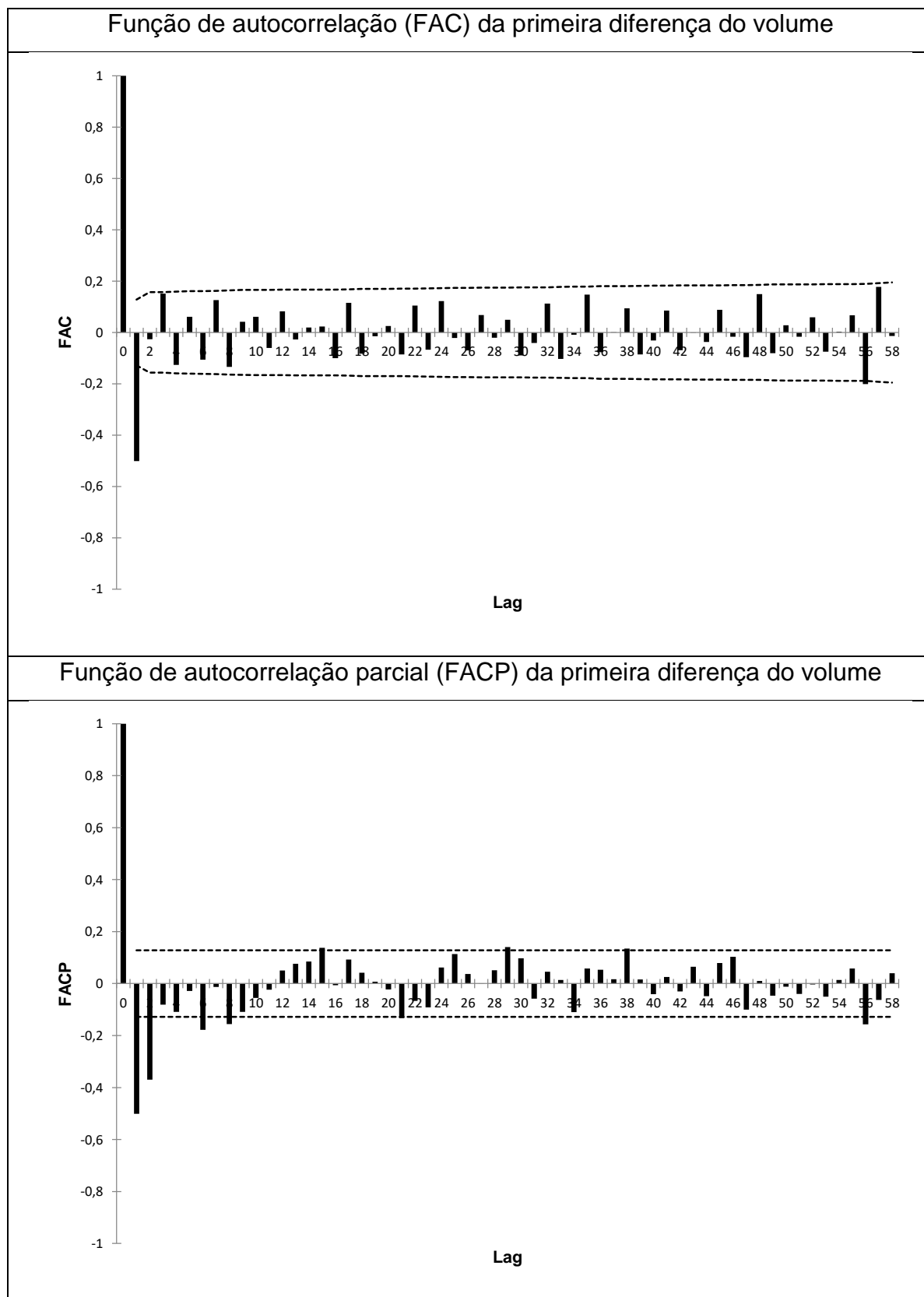


Figura 6 - Representação gráfica da FAC e FACP da série após primeira diferença do volume exportado de madeira serrada para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016.

Fonte: O autor (2017)

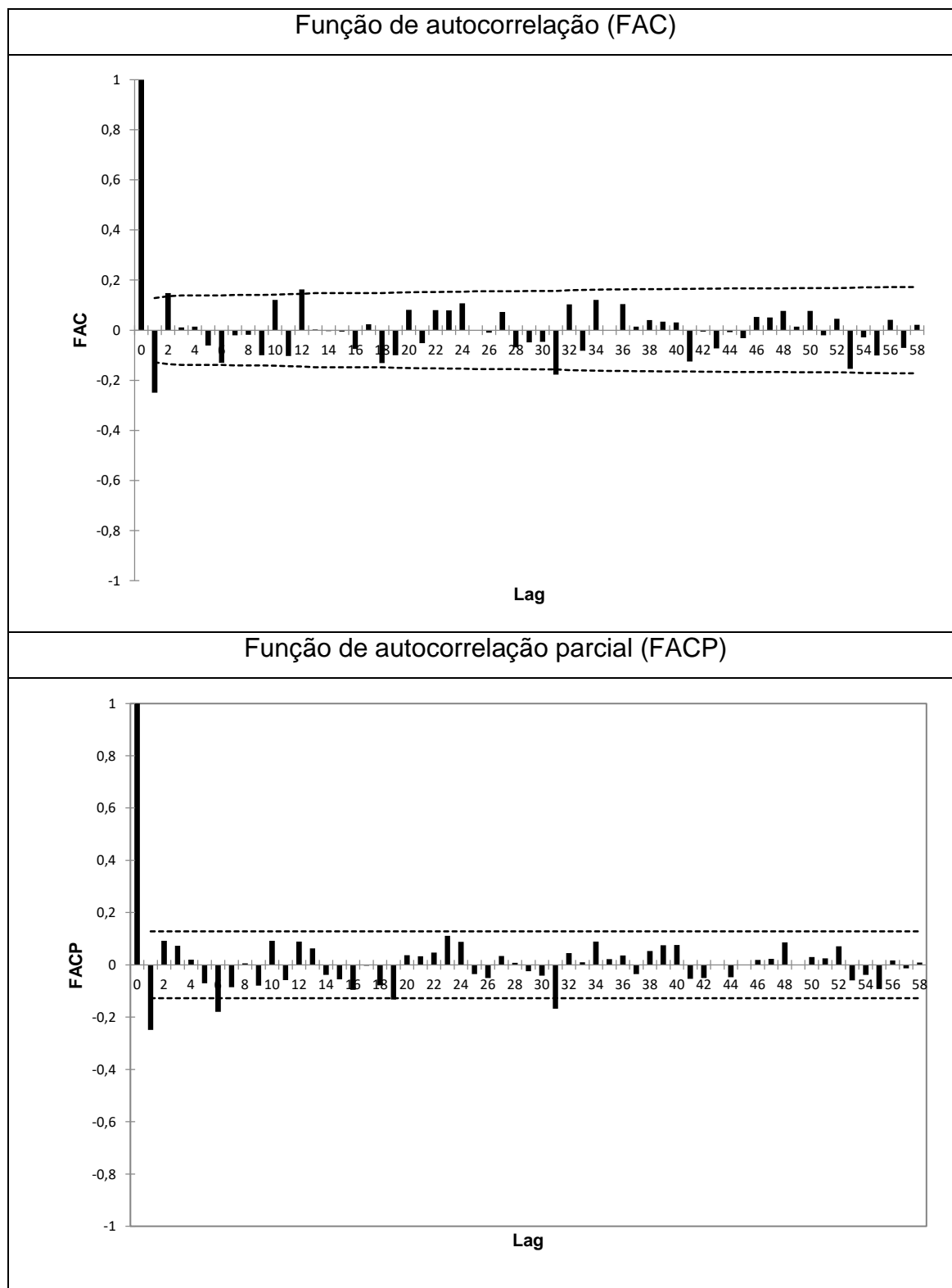


Figura 7 - Representação gráfica da FAC e FACP da série após primeira diferença do preço/m³ madeira serrada exportada para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016.

Fonte: O autor (2017)

Verifica-se nas Figuras 6 e 7 picos ultrapassando os limites significantes (representados pela linha tracejada), refletindo que as autocorrelações e autocorrelação parciais são significativamente diferentes de zero. Isso orienta sobre as ordens MA e AR adicionadas ao modelo, conforme descrito nos itens 5.3.2.1 e 5.3.2.2.

5.3.2.1 Previsão da demanda

Os correlogramas da FAC e FACP em primeira diferença para as série temporal apontaram na FAC picos nos lags 1, 2 e 57, indicando a inclusão do MA(1), MA(2) e MA(57). Na FACP foram observados picos fora do intervalo de confiança nos lags 1, 2, 3, 5 e 8, indicando a inclusão do AR(1), AR(2), AR(3), AR(5) e AR(8).

Isso significa que os componentes p e q do modelo ARIMA tem grau 5 e 3, respectivamente. O modelo ajustado com essas ordens e os ajustados com outras ordens estão apresentados na seção 5.4.

5.3.2.1 Previsão do preço

Para a variável preço, os correlogramas da ACF e FACP em primeira diferença apontaram na ACF picos nos lags 1, 2 11 e 30, indicando a inclusão dos componentes MA(1), MA(2) e MA(11) e MA(30). Na FACP, foram observados picos 1, 2, 5 e 31, indicando a inclusão do AR(1), AR(2), AR(5) e AR(31).

Ou seja, ambos os componentes p e q do modelo ARIMA tem ordem 4. Entretanto, assim como para variável demanda, os modelos ajustados com a ordem 4 desse componente com outras ordens estão apresentados no tópico 5.4.

5.4 Estimação dos parâmetros

Nas Tabelas 02 e 03 estão apresentados os resultados da estimação dos parâmetros dos modelos ARIMA para as duas variáveis.

5.4.1 Previsão da demanda

É possível evidenciar, conforme resultados apresentados na Tabela 02, que o modelo II (ARIMA 5, 1, 3) apresenta o menor valor para todos os critérios avaliados. Portanto, foi o modelo escolhido para realizar a verificação, e se considerado apropriado, aplicado para realizar a previsão da demanda de madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos.

Tabela 2 - Modelos para previsão da demanda de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados para o período de setembro de 2017 a agosto de 2019.

MODELO	Variáveis	Coeficiente	SQR	Sxy(%)	MAPE	AIC
I ARIMA (5, 1, 4)	α_1	-0,309	3,98E+10	24,30%	18,55	5140,35
	α_2	0,187				
	α_3	-0,199				
	α_4	0,026				
	α_5	0,060				
	β_1	-0,418				
	β_2	-0,371				
	β_3	0,463				
II ARIMA (5, 1, 3)	α_1	-0,047	3,84E+10	23,87%	18,56	5130,28
	α_2	0,811				
	α_3	-0,026				
	α_4	-0,355				
	α_5	-0,252				
	β_1	-0,695				
	β_2	-0,772				
	β_3	0,746				
III ARIMA (3, 1, 1)	α_1	0,056	4,08E+10	24,62%	18,83	5136,29
	α_2	0,127				
	α_3	0,145				
	β_1	-0,805				
I V ARIMA (1, 1, 0)	α_1	-0,514	4,74E+10	26,52%	19,89	5164,91
V ARIMA (3, 1, 0)	α_1	-0,706	4,20E+10	24,98%	18,89	5140,96
	α_2	-0,374				
	α_3	-0,067				

Fonte: O autor (2017)

5.4.2 Previsão do preço

De acordo como os resultados apresentados na Tabela 03, foi possível evidenciar que o modelo I (ARIMA 4, 1, 4) apresenta o menor valor para todos os critérios avaliados. Portanto, foi o modelo escolhido para realizar a verificação, e se considerado apropriado, aplicado para realizar a previsão do preço da madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos.

Tabela 3 - Modelos de previsão do preço da madeira serrada de coníferas para exportação do Brasil para os Estados Unidos para o período de setembro de 2017 a agosto de 2019.

MODELO	Variáveis	Coefficiente	SSE	Sxy(%)	MAPE	AIC
I ARIMA (4, 1, 4)	α_1	0,734	11827,09	3,93%	3,10	1606,57
	α_2	0,391				
	α_3	-0,476				
	α_4	-0,257				
	β_1	-1,026				
	β_2	-0,024				
	β_3	0,480				
	β_4	0,029				
II ARIMA (4, 1, 2)	α_1	0,426	12192,30	3,99%	3,19	1612,20
	α_2	-0,697				
	α_3	-0,233				
	α_4	0,058				
	β_1	-0,675				
	β_2	0,996				
III ARIMA (3, 1, 1)	α_1	-0,156	12720,82	4,08%	3,21	1614,98
	α_2	0,126				
	α_3	0,067				
	β_1	-0,076				
IV ARIMA (1, 1, 1)	α_1	-0,464	12834,80	4,10%	3,24	1613,05
	β_2	0,227				
V ARIMA (3, 1, 3)	α_1	0,413	12284,97	4,01%	3,22	1612,96
	α_2	-0,358				
	α_3	-0,499				
	β_1	-0,661				
	β_2	0,625				
	β_3	0,354				

Fonte: O autor (2017)

A ordem dos componentes p e q escolhidos para realizar previsões varia substancialmente entre os trabalhos publicados sobre variáveis relacionadas a matéria-prima de base florestal. Upadhyay (2013) ao prever a importação e exportação de painéis madeireiros indianos escolheu para realizar previsões de exportação a ordem 0 para ambos os componentes, e para prever a importação, as ordens 0 e 1, para p e q , respectivamente. Para prever o preço da madeira de *Eucalyptus spp* em dois municípios brasileiros, Soares *et al.* (2010) utilizaram

para os componentes p e q , respectivamente, 0 e 4 para realizar previsões em Itapeva (SP) e 2 e 2 para Bauru (SP). Para realizar previsões da produção de papéis, Cabral e Leite (2010) escolheram como ordem dos componentes p e q , respectivamente, 1 e 1 para papéis de escrever/imprimir e 2 e 1 para papéis de embalagem.

5.5 Verificação

5.5.1 Previsão da demanda

As previsões da demanda de exportação da madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos, para o período entre setembro de 2016 e agosto de 2017, estão apresentadas na Tabela 04. Conforme apontam os resultados, os resíduos das previsões para validação são aleatórios. Isso é uma exigência na modelagem, pois conforme relata Gujarati (2006) para que o modelo estimado seja considerado apropriado é necessário que os seus resíduos sejam estimativas de ruído branco.

Tabela 4 - Demanda de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos, observado e previsto pelo modelo ARIMA (5,1,3) para o período de setembro de 2016 a agosto de 2017.

Período	Vol observado (m³)	Vol estimado (m³)	Resíduo	Resíduo (%)
set/16	57.293,00	56.196,57	1.096,43	2%
out/16	39.634,00	54.861,16	-15.227,16	-38%
nov/16	60.005,00	60.271,29	-266,29	0%
dez/16	64.595,00	53.882,97	10.712,03	17%
jan/17	50.026,00	58.870,12	-8.844,12	-18%
fev/17	48.329,00	57.202,96	-8.873,96	-18%
mar/17	67.712,00	59.905,91	7.806,09	12%
abr/17	68.431,00	59.205,48	9.225,52	13%
mai/17	60.314,00	61.311,91	-997,91	-2%
jun/17	61.234,93	59.911,39	1.323,54	2%
jul/17	61.518,00	61.163,64	354,36	1%
ago/17	70.989,00	59.482,30	11.506,70	16%
Média	59.173,41	58.522,14	651,27	

Fonte: O autor (2017).

Além disso, por meio da análise da dispersão de resíduos, apresentada na Figura 08, é possível concluir sobre a sua dispersão aleatória.

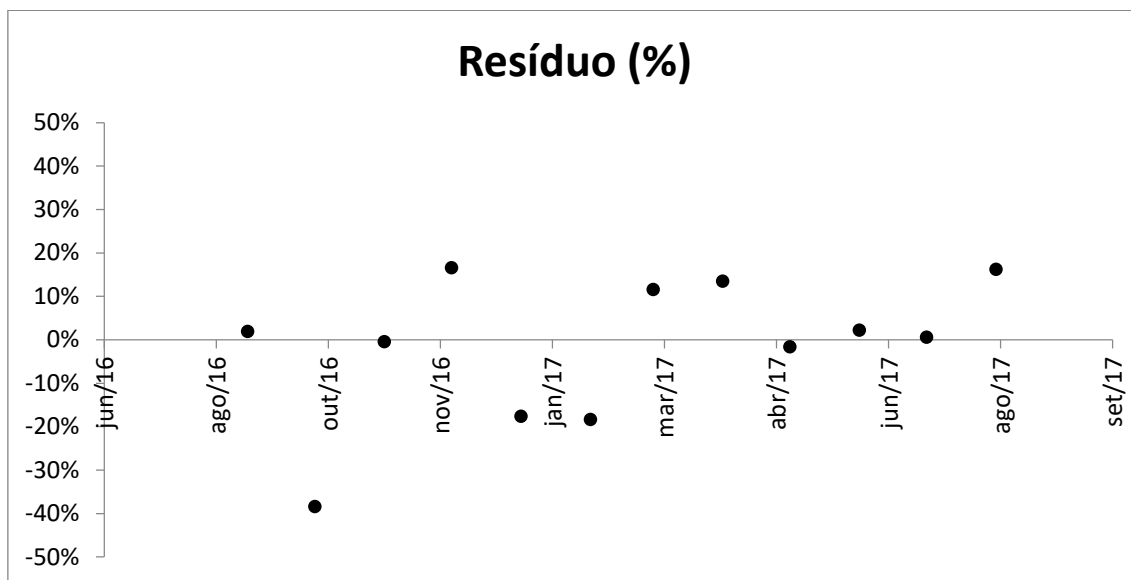


Figura 8 – Resíduos, em %, para o modelo ARIMA (5,1,3) de previsão de demanda de exportação de madeira serrada do Brasil para os Estados Unidos, entre setembro de 2016 e agosto de 2017.

Fonte: O autor (2017)

Desta forma, pode-se afirmar que o modelo apresentou-se apropriado para as estimações realizadas.

O modelo ARIMA II (5, 1, 3) está apresentado na equação 8.

$$Y_t = -0,047.Y_{t-1} + 0,811.Y_{t-2} - 0,026.Y_{t-3} - 0,355.Y_{t-4} - 0,252.Y_{t-5} - 0,0695.Y_{t-1} - 0,772Y_{t-2} - 0,746.Y_{t-3} + et \quad (8)$$

Enquanto a média dos valores observados foi de 59.173,41m³, a dos valores estimados foi de 58.522,14m³ para o período avaliado. Portanto, a previsão feita pelo modelo ARIMA (5,1,3) subestimou a demanda de exportação da madeira serrada de pinus em 1,1%, sendo que o maiores desvios foram observados em outubro de 2016 e janeiro e fevereiro de 2017.

5.5.2 Previsão do preço

O modelo ARIMA (4,1,4), por outro lado, não foi apropriado. Os resultados das previsões estão apresentados na Tabela 05 e foi possível verificar que os resíduos (Figura 9) possuem tendência e subestimam os resultados.

Tabela 5 - Preço/m³ de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos, observado e previsto pelo modelo ARIMA (4,1,4) para o período entre setembro de 2016 e agosto de 2017.

Período	Preço observado (US\$/m ³)	Preço estimado (US\$/m ³)	Resíduo	Resíduo (%)
set/16	216,09	218,21	-2,12	-1%
out/16	213,88	217,10	-3,22	-2%
nov/16	218,77	215,10	3,67	2%
dez/16	221,19	213,30	7,88	4%
jan/17	218,07	212,34	5,74	3%
fev/17	215,02	212,16	2,86	1%
mar/17	217,79	213,03	4,77	2%
abr/17	219,97	214,51	5,46	2%
mai/17	217,73	216,27	1,45	1%
jun/17	217,66	217,78	-0,12	0%
jul/17	223,48	218,65	4,83	2%
ago/17	221,90	218,66	3,24	1%
Média	218,46	215,59	2,87	

Fonte: O autor (2017)

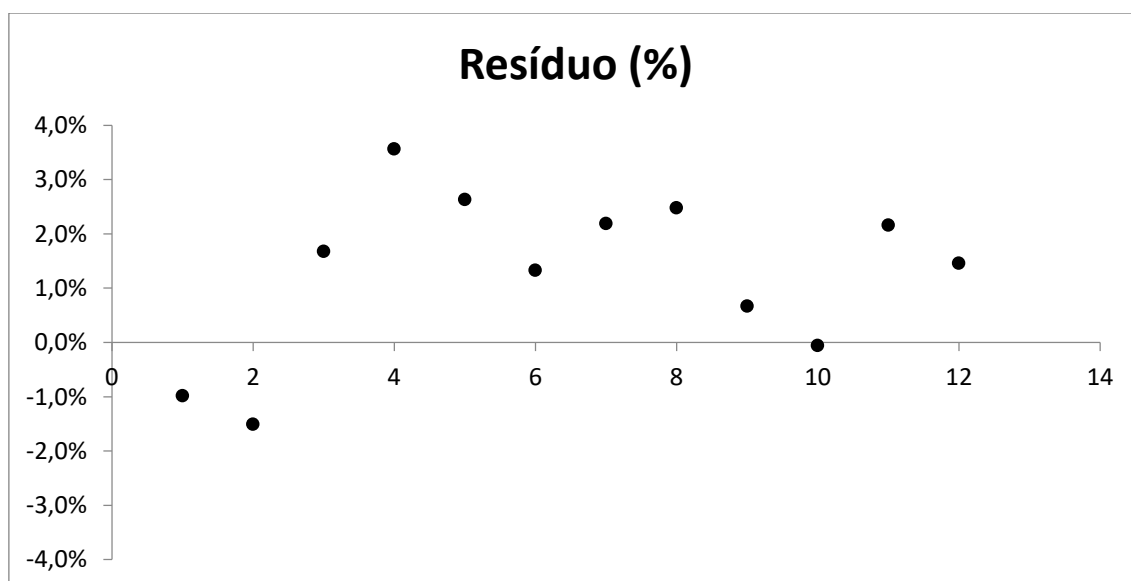


Figura 9 - Resíduos em % do modelo de previsão ARIMA (4,1,4) do preço/m³ de exportação de madeira serrada do Brasil para os Estados Unidos, entre agosto de 2016 e setembro de 2017.

Fonte: O autor (2017)

O modelo I (ARIMA 4,1,4) subestima o preço de exportação. Portanto, como sugerido por Gujarati (2006), como o modelo não é apropriado, foi utilizada outra ordem para os componentes p e q . O modelo escolhido testado para verificação foi o II – ARIMA (4,1,2), já que apresenta os melhores critérios de seleção seguido do I – ARIMA (4,1,4).

O comportamento médio dos resíduos do modelo II foi apropriado para o período de verificação, obtendo-se resíduos próximos a um ruído branco, conforme Tabela 06 e Figura 10.

Tabela 6 - Preço/m³ de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos, observado e previsto pelo modelo ARIMA (4,1,2) para o período entre setembro de 2016 e agosto de 2017.

Período	Preço observado (US\$/m³)	Preço estimado (US\$/m³)	Resíduo	Resíduo (%)
set/16	216,09	219,779	-3,69	-2%
out/16	213,88	219,648	-5,77	-3%
nov/16	218,77	219,081	-0,32	0%
dez/16	221,19	219,372	1,82	1%
jan/17	218,07	219,875	-1,80	-1%
fev/17	215,02	220,011	-4,99	-2%
mar/17	217,79	219,617	-1,83	-1%
abr/17	219,97	219,255	0,72	0%
mai/17	217,73	219,372	-1,65	-1%
jun/17	217,66	219,774	-2,12	-1%
jul/17	223,48	219,926	3,55	2%
ago/17	221,90	219,661	2,24	1%
Média	218,46	219,61	-1,15	

Fonte: O autor (2017)

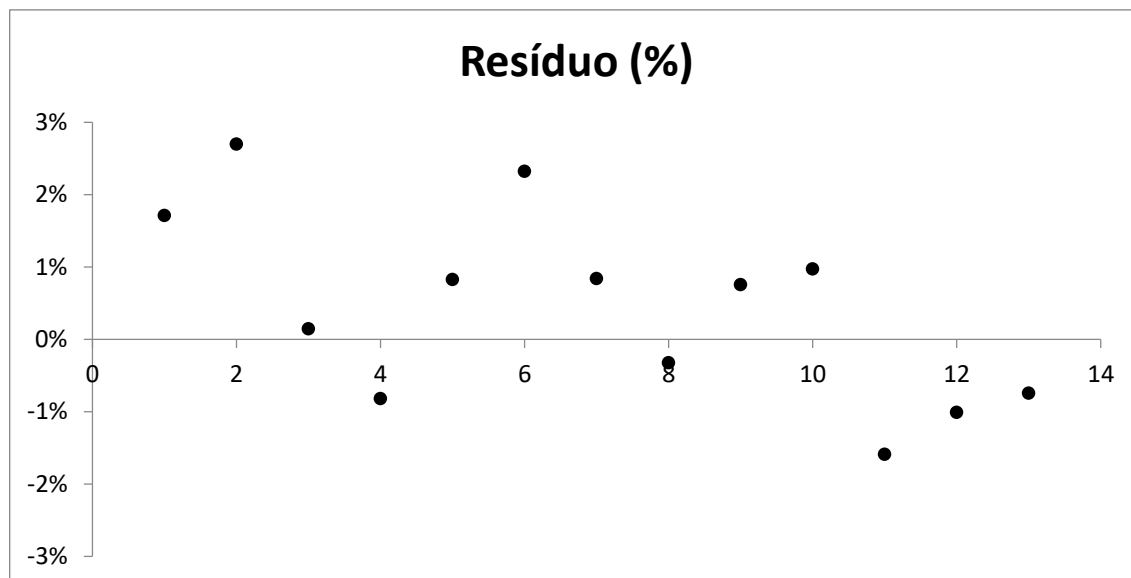


Figura 10 - Resíduos em % do modelo de previsão ARIMA (4,1,2) do preço/m³ de exportação de madeira serrada do Brasil para os Estados Unidos, entre agosto de 2016 e setembro de 2017.

Fonte: O autor (2017)

Desta forma, pode-se afirmar que o modelo ARIMA (4,1,2) apresentou-se apropriado para as estimações realizadas.

O modelo ARIMA II (4, 1, 2) está apresentado na equação 9.

$$Y_t = +0,0426.Y_{t-1} - 0,697.Y_{t-2} - 0,233.Y_{t-3} - 0,058.Y_{t-4} - 0,0675.Y_{t-1} + 0,996Y_{t-2} + et \quad (9)$$

Enquanto a média dos valores observados foi de US\$218,456/m³, a dos valores estimados foi de US\$219,61/m³ para o período avaliado. Sendo assim, a previsão feita pelo modelo superestimou o preço de exportação da madeira serrada em 0,53% no período avaliado, sendo que o maiores desvios foram observados em outubro de 2016 e fevereiro de 2017.

Constatações semelhantes foram feitas na etapa de verificação de modelos ARIMA para variáveis relacionadas a produtos de base florestal. Cordeiro *et al.* (2010), ao realizarem a etapa de verificação do modelo para prever o preço de exportação da madeira serrada de pinus no Brasil superestimou o preço em 2,2%. Para realizar estimativas da produção de madeira serrada, o modelo escolhido por Castro *et al.* (2012) subestimou a produção em 0,15% para madeira de não coníferas e superestimou em 2,43% para coníferas no período utilizado para

verificação. Souza *et al.* (2006) ao ajustar um modelo utilizando a metodologia Box & Jenkins, subestimou em 4% o preço de exportação de madeira serrada paranaense na etapa de verificação.

5.4 Previsões

5.5.1 Previsão da demanda

A Figura 11 apresenta os dados da série histórica original e dos valores obtidos pelo modelo ARIMA (5,1,3) para previsão da demanda de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos.

É demonstrado na figura:

- um comparativo entre os valores observados e estimados da série histórica para o ajuste do modelo, referente ao período que compreende janeiro de 1997 a agosto de 2016.
- um comparativo entre a demanda estimada e observada para validação do modelo, referente ao período que compreende setembro de 2016 a agosto de 2017;
- a previsão para os próximos 24 meses, período que compreende setembro de 2017 a agosto de 2019.
- O limite inferior e superior da previsão, indicando a um nível de confiança de 95%, o intervalo da demanda de exportação para os próximos dois anos;

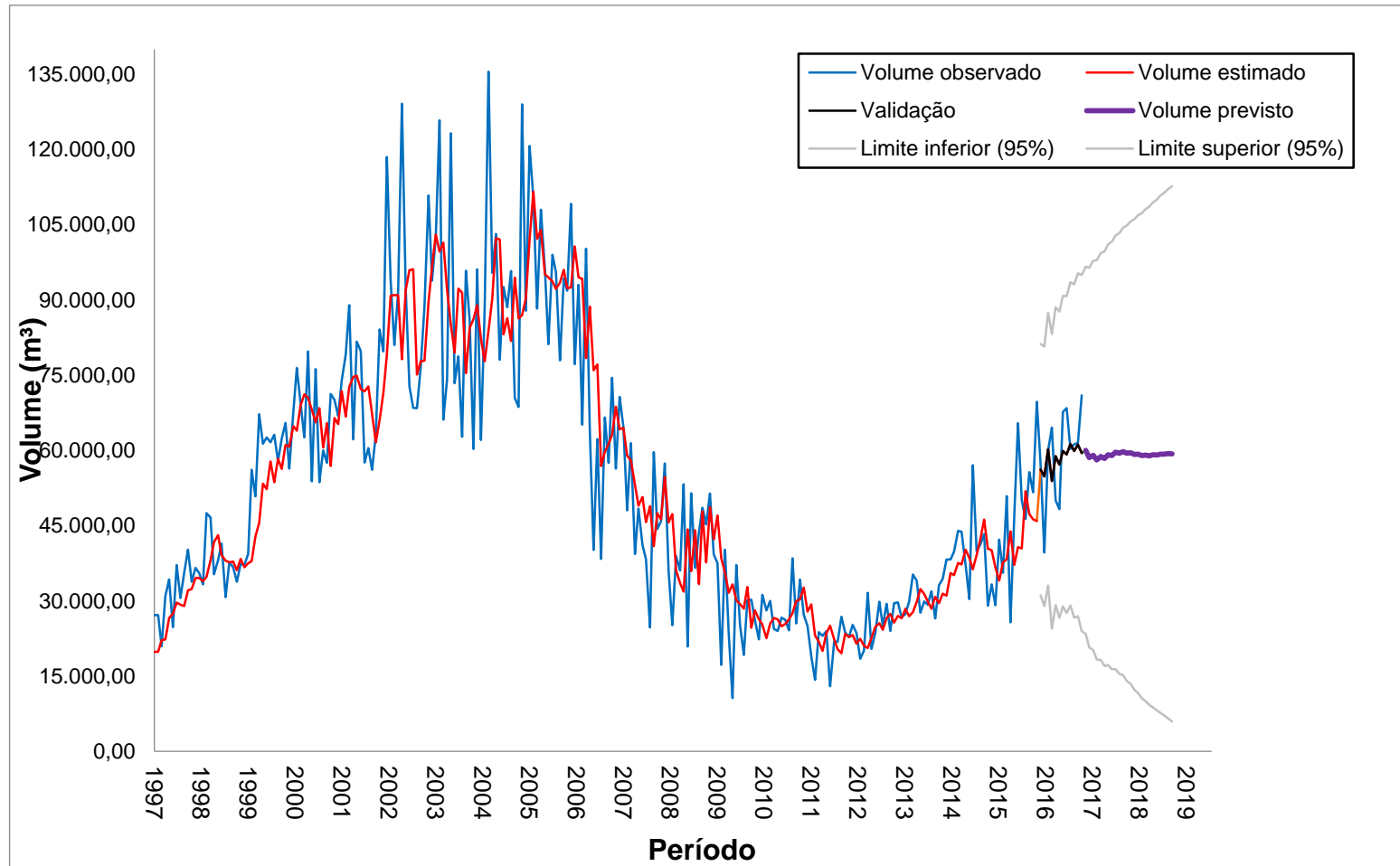


Figura 11 - Previsão da demanda de exportação brasileira da madeira serrada de coníferas pelo modelo ARIMA (5,1,3)
Fonte: O autor (2017)

No Quadro 01 estão apresentados os valores da previsão da demanda de exportação do volume de madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos, para o período entre setembro de 2017 e agosto de 2019, feitas pelo modelo ARIMA (5,1,3).

Foi possível evidenciar que a demanda do volume exportado permanecerá constante nos próximos anos, tendo como média 59.171,641 m³, média igual ao período utilizado para realizar a verificação (59.173,41 m³).

Quadro 01 - Demanda de exportação de madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos pelo modelo ARIMA (5,1,3), prevista para setembro de 2017 a agosto de 2019.

Período	Volume estimado (m³)
set/17	60.040,908
out/17	58.585,185
nov/17	59.057,605
dez/17	58.121,866
jan/18	58.811,527
fev/18	58.384,423
mar/18	59.187,015
abr/18	58.998,711
mai/18	59.660,471
jun/18	59.434,115
jul/18	59.808,924
ago/18	59.455,391
set/18	59.594,142
out/18	59.204,827
nov/18	59.268,533
dez/18	58.977,264
jan/19	59.092,354
fev/19	58.952,377
mar/19	59.135,263
abr/19	59.097,634
mai/19	59.283,893
jun/19	59.260,699
jul/19	59.384,171
ago/19	59.322,080
Média	59.171,641

Fonte: O autor (2017)

5.5.1 Previsão do preço

A Figura 12 apresenta os dados da série histórica original e dos valores obtidos pelo modelo ARIMA (4,1,4) para previsão do preço/m³ de exportação brasileira da madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos.

É demonstrado na figura:

- Um comparativo entre os valores observados e estimados da série histórica para o ajuste do modelo, referente ao período que compreende janeiro de 1997 a agosto de 2016.
- Um comparativo entre a preço/m³ estimado e observado para validação do modelo, referente ao período que compreende setembro de 2016 a agosto de 2017;
- A previsão para os próximos 24 meses, período que compreende setembro de 2017 a agosto de 2019.
- O limite inferior e superior da previsão, indicando a um nível de confiança de 95%, o intervalo de preço/m³ que poderá ser praticado nos próximos dois anos;

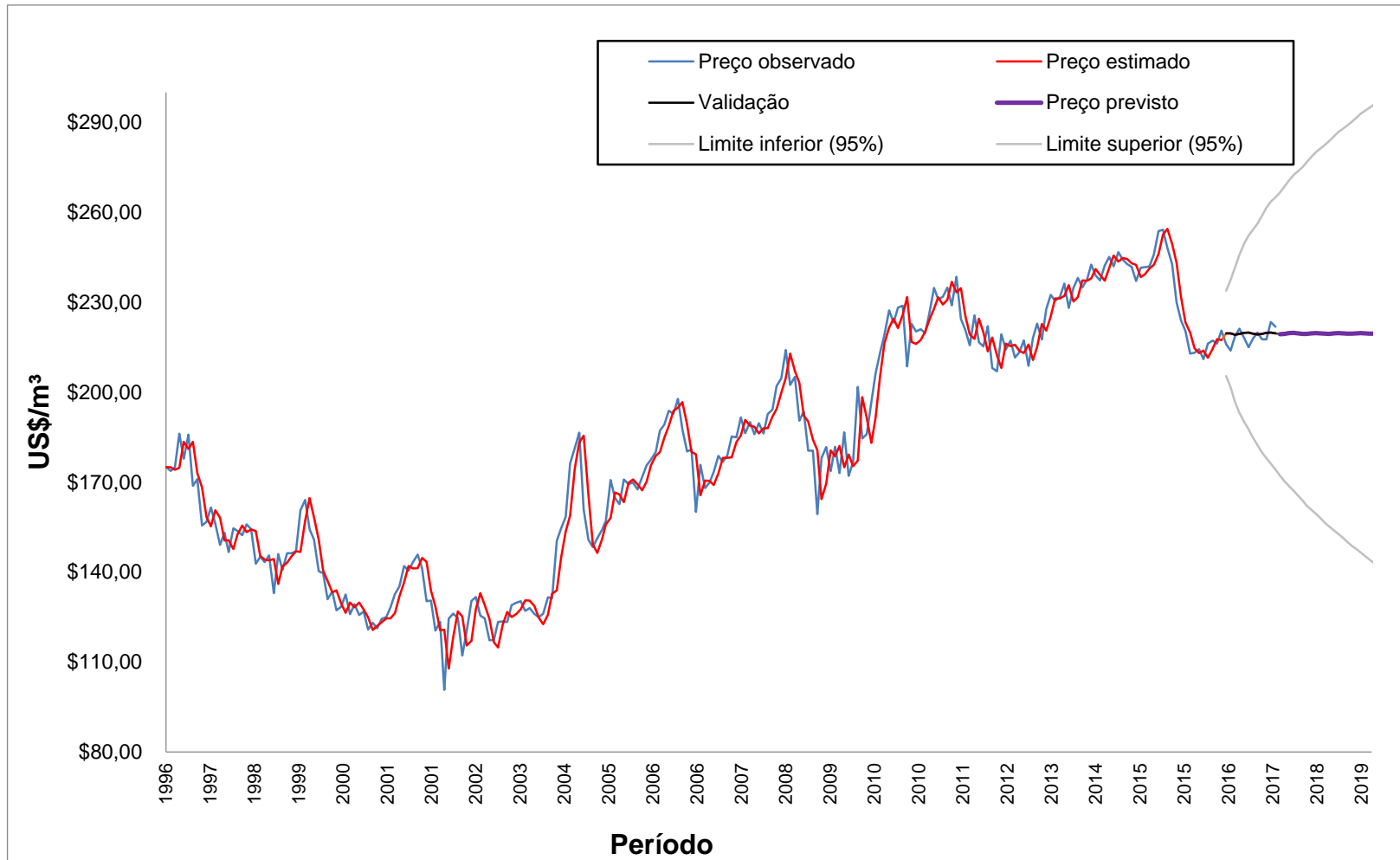


Figura 12 - Previsão do preço/m³ de exportação brasileira da madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos pelo modelo ARIMA (4,1,2)
 Fonte: O autor (2017)

No Quadro 02 estão apresentados os valores do preço/m³ de madeira serrada de coníferas de exportação do Brasil para os Estados Unidos previstos para o período entre setembro de 2017 e agosto de 2019, estimados pelo modelo ARIMA (4,1,2).

Foi possível evidenciar que o preço médio para os próximos dois anos é de US\$219,63. É importante mencionar que a série de dados utilizada para ajustar o modelo é de valores deflacionados. Portanto, os valores previstos são reais (sem inflação).

Levando em consideração que a inflação do Brasil é maior que a norte-americana, pode-se deduzir que, apesar de permanecerem em média os mesmos, os preços de exportação tendem a reduzir nos próximos meses, já que não sofrerão nenhuma correção.

Quadro 02 - Preço/m³ de exportação de madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos previsto pelo modelo ARIMA (4,1,1) para setembro de 2017 a agosto de 2019.

Período	Preço previsto (US\$/m³)	
set/17	\$	219,41
out/17	\$	219,47
nov/17	\$	219,73
dez/17	\$	219,84
jan/18	\$	219,68
fev/18	\$	219,47
mar/18	\$	219,49
abr/18	\$	219,68
mai/18	\$	219,80
jun/18	\$	219,69
jul/18	\$	219,52
ago/18	\$	219,51
set/18	\$	219,65
out/18	\$	219,76
nov/18	\$	219,70
dez/18	\$	219,56
jan/19	\$	219,53
fev/19	\$	219,63
mar/19	\$	219,72
abr/19	\$	219,69
mai/19	\$	219,59
jun/19	\$	219,55
jul/19	\$	219,62
ago/19	\$	219,70
Média		219,63

Fonte: O autor(2017)

Em outros trabalhos, a metodologia clássica de Box & Jenkins foi aplicada e também obteve previsões acuradas de variáveis relacionadas a matéria-prima de base florestal. Cordeiro *et al.* (2010) desenvolveram um modelo de previsão do preço de exportação da madeira serrada de Pinus no Brasil; Coelho Júnior *et al.* (2006) realizaram a previsão do preços de carvão vegetal em Minas Gerais; Castro *et al.* (2011) obteve sucesso ao prever a produção de celulose de fibra curta para o Brasil e Castro *et al.* (2012) encontraram resultados satisfatórios para prever a produção de madeira serrada de coníferas e não coníferas.

Diante do exposto, a aplicação da metodologia Box & Jenkins permitiu identificar que a alta demanda de madeira serrada verificada nos últimos anos permanecerá constante e que o preço não sofrerá correções a curto prazo. Pode-

se considerar, portanto, essa como uma ferramenta útil para realizar previsões e, conseqüentemente, auxiliar envolvidos na produção e no processo de exportação da madeira serrada a planejar-se de maneira mais eficiente.

6 CONCLUSÃO

As séries temporais de volume e preço/m³ de exportação brasileira de madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos caracterizam-se como não estacionárias, sendo necessário a transformação dos dados para aplicação da metodologia Box & Jenkins.

Os modelos ARIMA (5,1,3) e ARIMA (4,1,2) demonstraram-se apropriados para realizar previsões da demanda e do preço/m³ da madeira exportada, respectivamente.

As previsões indicam que a demanda norte-americana de madeira serrada de coníferas do Brasil permanecerá constante, sem aumento ou queda para os próximos dois anos. O preço previsto também não sofrerá reajustes para os próximos 24 meses, permanecendo em média US\$219,63/m³. É importante ressaltar que as previsões geradas não contemplam as implicações de possíveis anomalias que possam afetar essas variáveis, como desastres naturais ou mudanças no cenário econômico.

As previsões realizadas pela metodologia Box & Jenkins podem subsidiar decisões futuras com relação a planejamento, como dimensionamento de estoque a determinação dos recursos necessários para a empresa.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, S; FERNANDES, P. M. Análise comparativa sobre importação de alimentos entre o Brasil e o Japão. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 129-134, 2015.

ALMEIDA, A. N. *et al.* Análise de fatores que influenciam o preço da madeira em tora para processamento mecânico no Paraná. **Cerne**, v. 16, n. 2, p. 243-250, 2010.

Associação brasileira de indústrias do processamento da madeira (ABIMCI).

Disponível em:

<http://www.abimci.com.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=14&Itemid=20>. Acesso em: 25 out. 2017

BANDEIRA, C. T. F. **Previsão de preços dos principais produtos agropecuários produzidos no município de alegrete**. 79f. Dissertação, 79p (Pós-Graduação em Engenharia Econômica), Universidade Federal do Pampa, 2014. Disponível em: <<http://dspace.unipampa.edu.br:8080/handle/rii/1780>> Acesso em . 2014

BEZERRA, M. I. S. **Apostila de análise de séries temporais**. Curso de Estatística, 2006. Apostila Digitada. Disponível em: <<http://people.ufpr.br/lucambio/CE017/1S2010/5515941-Apostila-Series-Temporais.Pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

CABRAL, A.S; LEITE, M. S. A. Contribuição da modelagem matemática ao estudo da previsão de vendas na indústria de papel e celulose. Ln: XXX Encontro nacional de engenharia de produção, 2010, São Paulo. **Anais** Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STP_118_774_14803.pdf> Acesso em: 12 nov. 2017.

CASTRO, R. V. O. *et al.* Análise econométrica da produção de madeira serrada no Brasil. **Floresta**, [S.l.], v. 42, n. 4, p. 661-670, dez. 2012

CASTRO, R. V. O. *et al.* Projeções da produção de celulose de fibra curta no Brasil. **Floresta**, [S.l.], v. 41, n. 2, jun. 2011.

COELHO JUNIOR, L. M. *et al.* Análise longitudinal dos preços do carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 429-438, 2006

COELHO JÚNIOR, N. **Utilização do método Box-Jenkins para previsão de indicadores econômicos (IPCA, SELIC, Câmbio e Ibovespa)**, 21f. Artigo de conclusão de curso de especialização (Programa de Pós-Graduação em Macroeconomia e Finanças) - Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

CORDEIRO, S. A. *et al.* Previsões do preço de exportação da madeira serrada de Pinus no Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, 2010.

EHLERS, R.S. **Análise de séries temporais**. Curitiba, 2007. Apostila digitada Disponível em: <<http://www.each.usp.br/rvicente/AnaliseDeSeriesTemporais.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

ESPINOSA, M. M.; PRADO, S. M.; GHELLERE, M. Uso do modelo SARIMA na previsão do número de focos de calor para os meses de junho a outubro no Estado de Mato Grosso. **Ciência e Natura**, v. 32, n. 2, p. 7, 2010.

FRANCO, G. C. **Apostila sobre modelagem Box and Jenkins**. Belo Horizonte. Apostila digitada. Disponível em: <<ftp://est.ufmg.br/pub/glaura/Met%20Previsao/Modelagem%20Box%20and%20Jenkins.pdf>> Acesso em: 12 nov. 2017.

GUJARATI, D. **Econometria básica**. 4. ed. São Paulo: Elsevier, 2006.

GUTIERREZ, C. E. C.; ALMEIDA, F. M. M. Modelagem e Previsão do Preço do Café Brasileiro. **Revista de Economia**, v. 39, n. 2, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES (IBA). **Relatório Anual IBA 2016**. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2017.

International Trade Centre (ITC). Disponível em: <<http://www.intracen.org/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

International Trade Statistics Database - UN Comtrade. Disponível em: <<https://comtrade.un.org/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

MADDALA, G. S. **Introdução à econometria**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

MAKRIDAKIS, S. G.; WHEELWRIGHT, S. C. **Forecasting: Methods and Applications**. New York: [s.n.], 1998.

MATOS, O. C DE. **Econometria Básica: teoria e aplicações**. 3 ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 2000

MIRANDA, R. G. *et al.* Método estruturado para o processo de planejamento da demanda nas organizações. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, v. 4, n. 1, p. 45-53, 2011.

MORETTIN, P. A; TOLOI, C. M. C DE. **Modelos para previsão de séries temporais**. Vol. 1. São Paulo: Instituto de matematica pura e aplicada, 1981.

NOCE, R. **Risco-retorno e elasticidade da demanda da madeira serrada e custo do manejo florestal na Amazônia**, 60f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009

PADILHA JUNIOR, J. B. *et al.* Modelagem Box-Jenkins (arima) para gestão de risco de preço na pecuária de corte do estado do Paraná. In: VII Congresso Virtual Brasileiro - Administração. **Anais**, Curitiba, 2013.

PEREZ, P. L.; BACHA, C. J.C. Evolução da produção e dos consumos interno e externo de madeira serrada do Brasil. **Revista Agroanalysis**, v. 26, n. 8, p. 21-23, 2006.

RATNIEKS, I. **Métodos de previsão: aplicação da metodologia de Box e Jenkins ao varejo brasileiro – o caso das Lojas Americanas**. 90f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Ciências Econômicas , Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SILVA, M. L. *et al.* Análise econométrica do mercado brasileiro de celulose. **Nova Economia**, v.7, n.2, p.109-129, 1997.

Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior (Alice Web)

Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

SOARES, N. S. *et al.* Elaboração de modelo de previsão de preço da madeira de Eucalyptus spp. **CERNE**, Lavras , v. 16, n. 1, p. 41-52, Mar. 2010

SOUZA, V.S. *et al.* **Utilização da metodologia de Box & Jenkins na previsão do preço future pago as exportações paranaenses de madeira serrada**. Área VI – Métodos quantitativos para a economia regional. Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2006

THOMPSON, G. **How to adjust for inflation**, 2009. Disponível em:<<http://researchbriefings.parliament.uk/ResearchBriefing/Summary/SN04962>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

UPADHYAY, V. K. Modelling and forecasting export and import of Indian wood based panel using ARIMA models. **Elixir International Journal, Statistics**, V. 63 p. 18145-18148, 2013.

WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box-Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais. **Gestão e produção**, v. 10, n. 1, 2003.