

CONSTRUÇÃO DE MODELOS ESTATÍSTICOS BASEADOS NA AVALIAÇÃO DE SÉRIES TEMPORAIS HISTÓRICAS DA CULTURA DA MANDIOCA NO BRASIL

Proença, Genilso Gomes de¹
Schmidt, Carla Adriana Pizarro²
Santos, José Airton Azevedo dos³

Recibido: 28-07-2015 Revisado: 14-09-2017 Aceptado: 26-06-2017

RESUMO

A mandioca é uma planta originária das Américas e tem grande importância no cenário produtivo Mundial e Brasileiro. É comercializada tanto de forma *in natura* como na forma de farinha e de fécula, ao natural e transformada para o mercado interno e exportação, sendo destinada nos mais diversos setores industriais tais como alimentos, papel e celulose, tecidos, tintas, colas, medicamentos entre outros. Arquivar dados em bancos de dados é muito importante, porém estes devem ser avaliados e interpretados, sendo isso de fundamental importância na tomada de decisão, direcionamento de investidores e na criação de políticas públicas para o agronegócio. O presente estudo teve como objetivo estudar o contexto da cultura de mandioca e a aplicação de ferramentas estatísticas de previsão, baseadas em análise de regressão e de séries temporais de dados históricos. Os dados foram obtidos diretamente dos bancos de dados do CEPEA e IBGE para a construção dos modelos no ano de 2015 e, posteriormente, para validação dos resultados e realização de novas previsões em 2017. Verificou-se que tanto a análise de regressão quanto os métodos de previsão por suavização exponencial Holt-Winters e Box Jenkins foram eficientes na previsão das séries temporais estudadas, considerando que o Brasil vem apresentando uma redução linear na área destinada ao cultivo de mandioca. Os estados que mais

¹ Graduado em Sistemas de Informação (Faculdade de Ensino Superior de São Miguel do Iguçu - UNIGUAÇU FAESI, Brasil); Bacharel em Sistemas de Informação e Tecnólogo em Agronegócios (Centro de Ensino Superior de Maringá - CESUMAR, Brasil); Especialista em Gestão Ambiental em Municípios (Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Brasil); Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio (UTFPR, Campus Medianeira/PR, Brasil); curso Técnico em Agropecuária (Colégio Estadual Manoel Ribas - CAEMR, Brasil). Participante do Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia da UTFPR, Campus Medianeira. **Endereço:** Av. Brasil, 4232. Independência. 85884-000 - Medianeira, PR - Brasil. Caixa-postal: 391. **Telefone:** +55 45 3240-8000, ramal 8063; **e-mail:** genilsogp@gmail.com

² Graduada em Agronomia (Universidade Estadual de Londrina - UEL, Brasil); Mestre em Ciências de Alimentos (UEL, Brasil); Doutora em Agronomia (UEL, Brasil). Especialista em Tecnologia de sementes e administração rural; Professora Titular Efetiva do Curso de engenharia de produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Medianeira/PR, Brasil, vinculada ao núcleo de Ciências Sociais Aplicadas; líder do Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia da UTFPR Campus Medianeira; Professora convidada do mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da UTFPR - Campus Pato Branco e do Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio da UTFPR - Campus Medianeira/PR- Brasil. **Endereço:** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. Av. Brasil 4232. Parque Independência, 85884000. Medianeira, PR, Brasil. Caixa-postal 271. **Telefone:** +55 45 3240-8000, ramal 8112; **e-mail:** carlaschmidt@utfpr.edu.br

³ Graduação em Engenharia Elétrica (Universidade Católica de Pelotas - UCPel, Brasil); Mestrado em Engenharia Elétrica (Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Brasil); Doutorado em Engenharia Elétrica (UFSC, Brasil). Professor Efetivo dos cursos de Engenharia Elétrica e Produção na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Medianeira/PR- Brasil; Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio da UTFPR - Câmpus Medianeira. **Endereço:** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. Av. Brasil 4232. Parque Independência, 85884000. Medianeira, PR, Brasil. Caixa-postal: 391 **Telefone:** +55 45 3240-8000, ramal 8063; **e-mail:** airton@utfpr.edu.br

estão contribuindo para essa redução de área são o Maranhão e a Bahia. Os estados do Pará e Paraná se destacaram como os maiores produtores de mandioca, sendo que o primeiro se destaca na produção de farinha de mandioca e o segundo na produção de fécula. Verificou-se, com o presente estudo, que a redução de área constatada ao longo dos anos é preocupante para as agroindústrias do setor que necessitam da mandioca como matéria prima.

Palavras-chave: análise de regressão, Box-Jenkins, Holt-Winters, mandioca, Manihot esculenta Crantz, previsão

RESUMEN

La yuca es una planta nativa de América y tiene gran importancia en el escenario productivo mundial y brasileño. Es comercializada tanto en forma primaria (tubérculo) como en forma de harina, de fécula al natural modificada para el mercado interno y para la exportación, siendo también empleada en diversos sectores industriales tales como alimentos, papel y celulosa, tejidos, tintas, pegamentos, medicamentos, entre otros. El almacenamiento de información en bases de datos es muy importante, pero estos datos deben ser evaluados e interpretados, por su importancia fundamental para la toma de decisiones, para orientar a los inversionistas y para implementar políticas públicas dirigidas a los agronegocios. Este trabajo tiene como objetivo el estudio del contexto del cultivo de la yuca y la aplicación de las herramientas estadísticas de previsión, basadas en análisis de regresión y de series de tiempo a partir de datos históricos. Los mismos fueron obtenidos directamente de las bases de datos del Centro de Estudios Avanzados em Economía Aplicada (CEPEA) y del Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para construir modelos en el año 2015 y, posteriormente, para la validación de los resultados y realización de las nuevas previsiones en el 2017. Los principales hallazgos revelaron que tanto el análisis de regresión como los métodos de previsión por suavización exponencial de Holt Winters y de Box Jenkins fueron eficientes en la previsión de las series temporales estudiadas. Así mismo, revelaron que Brasil viene presentando una reducción lineal en el área destinada al cultivo de la yuca. Los estados que más contribuyen con la reducción de área son Maranhão y Bahía. Por su parte, los estados de Pará y Paraná destacaron como los mayores productores de yuca, siendo que el primero predominaba en la producción de harina de yuca y el segundo en la producción de fécula. Otro hallazgo verificado en el estudio es que la reducción de la superficie observada en los últimos años es vista con gran preocupación por parte de las agroindustrias del sector, que requieren de la yuca y sus derivados como materia prima.

Palabras clave: análisis de regresión, Box-Jenkins, Holt-Winters, Manihot esculenta Crantz, predicción, yuca

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) is a plant native of America and it has great importance at both, worldwide and Brazilian. It is being commercialized both in natural form and in the flour and starch forms for the domestic market. It is exported and used in the most diverse industrial sectors such as food, pulp and paper, knitting, paints, glues, medicines, among others. Evaluating and interpreting historical data is fundamentally important for decision making, investment orientation and to design public policies for agribusiness. The objective of this research was to study the context of cassava cultivation and the application of statistical forecasting tools based on time series analysis of historical data. Data obtained directly from the CEPEA and IBGE databases were used for the construction of the models in the year 2015 and later for validation of the results and realization of new forecasts in 2017. Main results verified that both, the regression analysis and the prediction by exponential smoothing methods Holt Winters forecast and the Box Jenkins method, were efficient in forecasting the time series studied. It also showed that Brazil has been presenting a linear reduction in the area destined to cassava cultivation. The States that have contributed the most to this area reduction are Maranhão and Bahia. On the other hand, the States of Pará and Paraná stood out as the largest producers of cassava. The first one stands out in the production of cassava flour, while the second one in the production

of starch. Finally, it was verified with the present study that the reduction of area diagnosed over the years is worrisome for the agroindustries of the sector, which require the cassava as raw material.

Key words: Box-Jenkins, cassava, forecast, Holt-Winters, Manihot esculenta Crantz, regression analysis

RÉSUMÉ

Le manioc est une espèce de plantes originaires des Amériques et a une grande importance dans le scénario productif mondial et brésilien. Elle est commercialisée dans son état naturel (tubercules) mais également transformé en farine et amidon naturel et modifié pour le marché interne et pour l'exportation. Le manioc est utilisé dans divers secteurs industriels tels que la nourriture, la fabrication de papiers, de textiles, de peintures, d'adhésifs, de médicaments, entre autres. L'archivage des données dans les bases de données est très important, mais elles doivent être évaluées et interprétées, cela étant d'une importance fondamentale pour la prise de décision, le ciblage des investisseurs et la création de politiques publiques pour l'agro-industrie. Cette étude visait à étudier le contexte de la culture du manioc et l'application d'outils statistiques de prévision, basés sur l'analyse de régression et des séries chronologiques de données historiques. Les données ont été obtenues directement auprès des bases de données du Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) et de l'Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pour la construction de modèles en 2015 et pour valider les résultats et tenir de nouvelles prévisions en 2017. Il a été constaté que dans les deux analyses de régression et de méthodes de prévision par lissage exponentiel, Holt Winters, Box et Jenkins ont été efficaces dans la prédiction de la série temporelle étudiée et que le Brésil a montré une réduction linéaire de la superficie consacrée à la culture du manioc. Les États qui ont le plus contribué à cette réduction de la surface cultivée sont les États du Maranhão et de Bahia. D'outre part, les États du Pará et du Paraná, quand à eux, se distinguent comme les plus grands producteurs de manioc; le premier étant dans la production de farine de manioc et le second dans la production d'amidon. Cette étude met en évidence que la réduction de la surface observée au cours des années est préoccupante pour le secteur de l'agro-industrie qui nécessite du manioc en tant que matière première.

Mots-clé : Analyse de régression, Box-Jenkins, Holt-Winters, Manihot esculenta Crantz, manioc, prédiction

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Howeler, Lutaladio & Thomas (2013), a importância da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) na agricultura mundial vem aumentando, sendo geralmente cultivada por pequenos agricultores em mais de 100 países tropicais e subtropicais. No ano de 2012 a colheita atingiu níveis recordes, graças ao comércio global de produtos da mandioca e forte crescimento da produção na África.

Os três maiores continentes produtores de mandioca são a África, Ásia e as Américas, porém Ásia e Américas apresentam um rendimento melhor do que o do continente Africano. Dentro das Américas o Brasil se destaca como maior produtor, mas, não tem apresentado significativas alterações na área de cultivo (Fukuda & Otsubo, 2003). Com base em dados do ano de 2013, disponibilizados

pela FAO (2015), a Nigéria lidera a produção de mandioca mundial (53 milhões de toneladas), seguida pela Tailândia (30 milhões de toneladas) e Indonésia (24 milhões de toneladas). O Brasil ocupou naquele ano o quarto lugar, tendo apresentado uma produção de 21.484.218 toneladas. De acordo com o IBGE (2015), nesse mesmo ano o Brasil apresentou produtividade média de 14,08 toneladas por hectare de raízes de mandioca. A partir do início dos anos 2000 a mandioca, que era conhecida em nosso País, como uma cultura de baixo valor agregado, conheceu uma profunda mudança de imagem sendo impulsionada pela produção de fécula nos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo (Vilpoux, 2011).

A capacidade instalada da indústria de fécula de mandioca no Brasil, de acordo com CEPEA (2013), é de até 19.107 toneladas de raízes ao dia,

se todas as indústrias trabalhassem pelo menos 200 dias por ano a plena capacidade, poderiam ser processadas 3,82 milhões de toneladas de mandioca no Brasil por ano, sendo que a produção de fécula de mandioca está concentrada principalmente no estado do Paraná, onde foram produzidas 374,3 mil toneladas, representando 72% do total nacional produzido no ano de 2013.

De acordo com a CONAB (2014), a produção de farinha é de difícil controle, pois além da produção industrial, muita farinha é produzida de forma artesanal e até mesmo doméstica, o que dificulta o levantamento de dados numéricos concretos da produção. Vários órgãos governamentais realizam um importante trabalho de coleta e disponibilização de dados os quais podem embasar tomadas de decisão por parte de empresas e produtores, mas cabe aqui destacar que uma avaliação detalhada desses dados também se faz igualmente importante.

O processo de avaliação de dados e aplicação de modelos de previsão fornece uma visão sistêmica do passado e do presente, vislumbrando uma tendência para o futuro, tal estudo auxilia no planejamento para todos os elos da cadeia produtiva avaliada, sendo ferramenta indispensável para o gestor (Gonçalves, 2007).

A coleta de informações de empresas ou países, é realizada para análise e planejamento com vistas à tomada de decisão, que implica em uma avaliação do futuro (Chavez, 1997). As séries temporais mapeiam uma determinada variável ao longo do tempo, removendo as variações com causas assinaláveis possibilitando o uso de extrapolação para previsão do comportamento futuro (Slack, Chambers & Johnston, 2009). De acordo com Morentin & Toloí (2006), a previsão constitui-se em um meio de fornecer informações para uma tomada de decisão com vistas a algum objetivo.

Ehlers (2009), explica que séries temporais podem surgir em uma quantidade enorme de segmentos, sendo que para sua análise são necessárias ferramentas específicas, tendo em vista que as observações não são independentes, onde a ordem de coleta dos dados é essencial. Gujarati & Porter (2011) destacam que existem muitos métodos disponíveis para realização de previsões em séries temporais, dentre eles citam os métodos de suavização exponencial, modelos de regressão uni equacionais e de equações simultâneas, processo auto regressivo integrado de média móvel (ARIMA) e modelos de vetores auto regressivos (VAR).

Com mais de cinquenta anos de idade o método de Holt Winters, também conhecido como alisamento exponencial, é um dos métodos mais populares, isso se deve à sua simplicidade, fácil automatização e a necessidade de pequeno número de dados armazenados. Apresenta ainda a vantagem de ser capaz de se adaptar às mudanças nas tendências e padrões sazonais das séries temporais, quando estas ocorrem (Goodwin, 2010). Essa técnica é originária de estudos de Robert Goodbell Brown realizados na década de 1940, sendo que em 1957 Charles Carter Holt desenvolveu seus próprios métodos de suavização exponencial; no início da década de 1960 Peter Winters realizou transformações no método de Holt e o transformou no modelo conhecido atualmente como Holt-Winters (Feliciano, 2009). A técnica do alisamento (amortecimento) exponencial é semelhante ao método de ajuste de modelos pelas médias móveis, porém nesse grupo de procedimentos, os pesos das observações decrescem à medida que as observações estão mais longe do passado. Os pesos atribuídos aos elementos da série temporal decaem exponencialmente (razão do nome suavização exponencial), do mais recente para o mais antigo (Pellegrini & Fogliatto, 2002).

O modelo ARIMA foi desenvolvido nos anos 1970 por George Box e Gwilym Jenkins os quais pretendiam descrever mudanças em uma série temporal por meio de uma abordagem matemática (Sato, 2013). Um modelo ARIMA, segundo Box & Jenkins (1970), têm três partes: a parte auto regressiva (AR), a parte de integração (I) e a parte média móvel (MA), embora nem todas as partes sejam sempre necessárias. A metodologia de Box-Jenkins (BJ), tecnicamente denominada como metodologia ARIMA, utiliza-se da análise probabilística ou estocástica, onde os valores futuros são estimados com base nos valores passados ou defasados e dos termos de erros estocásticos (Gujarati & Porter, 2011). Para a construção de um modelo ARIMA (p,d,q) que represente uma série temporal Y_t : são necessários os filtros de médias móveis (parâmetro q), auto regressivo estacionário (parâmetro p) e o de integração não-estacionário (parâmetro d). A Figura Nº 1 representa esse conjunto de filtros aos quais associam-se os parâmetros do modelo, o ruído branco pode ser interpretado como sendo os erros aleatórios que interferem no sistema (Netto, 2015).

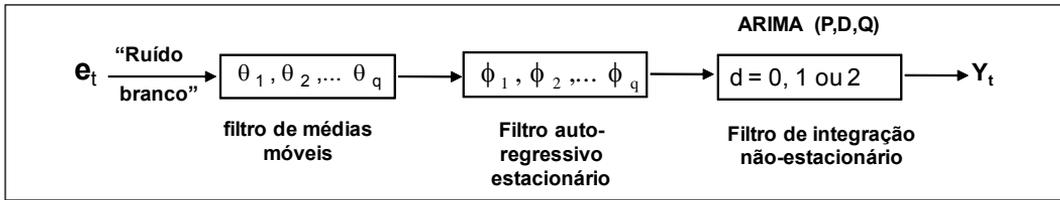


Figura 1. Filtros utilizados para a elaboração de um modelo por meio da metodologia Box-Jenkins
Fonte: Netto (2015)

Além desses métodos mais sofisticados não se pode esquecer dos modelos de regressão, os quais originaram-se da lei da regressão universal criada por Francis Galton e confirmada por Karl Pearson, ao estudarem a altura dos indivíduos, atualmente uma análise de regressão diz respeito ao estudo da dependência entre duas variáveis, visando estimar ou prever o valor médio da primeira em termos dos valores conhecidos ou fixados da segunda (Gujarati & Porter, 2011).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo a avaliação do cenário do cultivo da mandioca nos últimos anos e a aplicação de modelos estatísticos em dados temporais, apresentando as relações e tendências desta cultura no Brasil, comparando-os posteriormente com dados reais para validação dos modelos escolhidos.

2. METODOLOGIA

O presente estudo pode ser classificado quanto aos seus objetivos como descritivo (Gil, 2008), pois visou apresentar dados sobre séries temporais referentes ao cultivo de mandioca no Brasil, estabelecendo relação entre variáveis. Para tanto utilizou-se procedimentos metodológicos caracterizados como levantamento documental de cunho quantitativo e pesquisa operacional aplicada, realizando a construção de modelos matemáticos, por meio do uso de ferramentas estatísticas e algoritmos para interpretação e disponibilização de resultados que possam auxiliar na tomada de decisão. De acordo com Barbetta, Reis & Bornia (2010), com o advento da informática aumentou muito a quantidade de dados disponíveis, porém para que esses dados coletados sejam informativos precisam ser organizados e apresentados de maneira adequada por meio de ferramentas e análises estatísticas.

Dentre os métodos escolhidos para modelagem e previsão da tendência das séries temporais avaliadas nesse estudo formam utilizados os

modelos de Suavização Exponencial Simples, modelo de Holt e de Holt-Winters, modelos Box-Jenkins, descritos comumente como ARIMA, além de métodos de regressão linear. De acordo com Makridakis, Wheelwright & Hyndman (1998), o modelo de suavização exponencial Simples utiliza apenas a estimativa de nível descrita pela Equação 1.

$$N_2 = \alpha y_1 + (1 - \alpha) N_1 \quad (1)$$

Onde: N_2 é a previsão para o período $t+1$; α é a constante de suavização com valores entre 0 e 1; y_t é o valor observado na série temporal para o tempo T e N_t é o valor da previsão feita para o tempo $t-1$.

O modelo de suavização biparamétrica de Holt leva em conta a tendência ou inclinação e para o uso desse modelo as Equações 2 e 3 devem ser utilizadas (Makridakis *et al.*, 1998).

$$N_2 = \alpha y_1 + (1 - \alpha) (N_1 + T_1) \quad (2)$$

$$T_2 = \beta (N_2 - N_1) + (1 - \beta) T_1 \quad (3)$$

Onde: N_2 e N_t são as previsões para os períodos; T_1 e T_2 são as previsões de tendência para os períodos, α e β são as constantes de suavização com valores entre 0 e 1 e y_t é o valor observado na série temporal.

Já o modelo de Holt-Winters, denomina-se como método de amortecimento exponencial que leva em conta os componentes de sazonalidade da série de dados observados. As constantes de alisamento (α, β e γ) são determinadas minimizando a soma dos quadrados dos erros de previsão um passo à frente. A correção da parte sazonal é realizada pela utilização das Equações 4, 5 e 6 para o modelo multiplicativo e 7, 5 e 8 para o modelo aditivo.

$$N_2 = \alpha y_1/S_1 + (1 - \alpha) (N_1 + T_1) \quad (4)$$

$$T_2 = \beta (N_2 - N_1) + (1 - \beta) T_1 \quad (5)$$

$$S_2 = \gamma (T_2/T_1) + (1 - \beta) S_1 \quad (6)$$

$$N_2 = \alpha (y_1 - S_1) + (1 - \alpha) (N_1 + T_1) \quad (7)$$

$$S_2 = \gamma (T_2 - T_1) + (1 - \gamma) S_1 \quad (8)$$

Onde: N_2 e N_1 são as previsões para os períodos; T_1 e T_2 são as previsões de tendência para os períodos; S_1 e S_2 são as sazonalidades para o período; α , β e γ são as constantes de suavização com valores entre 0 e 1 e y_1 é o valor observado na série temporal.

Já a previsão para o método multiplicativo de acordo com Makridakis *et al.*, (1998), é realizada pela Equação 9 e para o método aditivo pela Equação 10.

$$P_{t+m} = (N_1 + T_1 m) S_{t-s+m} \quad (9)$$

$$P_{t+m} = N_1 + T_1 m + S_{t-s+m} \quad (10)$$

Para construção dos modelos ARIMA foram seguidos os passos de identificação, estimação, validação e previsão descritos por Gomes (1989). De acordo com Chavez (1997) e Fava (2000), um modelo ARIMA pode ser descrito genericamente por meio da Equação (11).

$$W_t = \theta_1 W_{t-1} + \dots + \theta_p W_{t-p} + \epsilon_t - \gamma_1 \epsilon_{t-1} - \dots - \gamma_q \epsilon_{t-q} \quad (11)$$

Onde: W são valores observados nos diferentes tempos; θ constante da parte auto regressiva; γ constante da parte de médias móveis; ϵ erros encontrados ao longo do tempo. A ordem do modelo dependerá da quantidade de tempos utilizados em cada parte específica.

Para a realização da análise de regressão linear aplicou-se o modelo disponibilizado na Equação (12), conforme descrito por Gujarati & Porter (2011).

$$Z_t = \beta_0 + \beta_1 t + e \quad (12)$$

Onde: β_0 e β_1 são o intercepto e a inclinação, respectivamente, e os parâmetros desconhecidos. O método clássico de mínimos quadrados (ou

regressão) é utilizado para estimar os parâmetros β_0 e β_1 .

Os dados estatísticos para realização do estudo foram obtidos diretamente dos sites do IBGE (2015, 2017) e CEPEA-ESALQ (CEPEA, 2015, 2017). Para aplicação dos modelos e realização das previsões utilizou-se as planilhas do Microsoft Excel® seu Add In StatPro (Creal, 2015) e softwares livres como o WessaNet (Wessa, 2013), Action 2.9 (Action, 2015) e Gretl 1.10.1 (Gretl, 2015).

3. RESULTADOS

Com base nos dados fornecidos pelo IBGE (2015), a produção de Mandioca pode ser encontrada em todos os estados brasileiros. Porém, os principais Estados em área de produção em hectares plantados no ano de 2013 foram: Pará, Maranhão, Bahia e Paraná, os quais juntos foram responsáveis por mais de 50% da área destinada à produção nacional de Mandioca (Figura Nº 2).

Porém cabe ressaltar que com base na quantidade produzida em toneladas do produto, no ano de 2013 ocorre uma inversão na ordem de importância dos estados, sendo que o estado do Paraná fica em segundo lugar com uma produção de 3,7 milhões de toneladas perdendo apenas para o Pará, que produziu 4,6 milhões de toneladas. O estado do Maranhão foi o menos produtivo dos quatro produzindo 1,3 toneladas enquanto que a Bahia produziu 1,8 toneladas naquele ano; a soma das quantidades também representa mais de 50% do total nacional.

Ao se avaliar os dados de Percentual de área destinada ao cultivo de Mandioca no Brasil, percebe-se uma alarmante redução de área de cultivo ao longo dos anos, sendo que o valor de 2,35% foi o valor indicado para o ano de 2013 (IBGE, 2015). Silva (2013) atribui a redução de área destinada ao cultivo da mandioca à uma concorrência por área com culturas como o milho e a soja, que vêm apresentando expressivos aumentos de áreas em diversos estados do País.

De acordo com Vilpoux (2011), a falta de competitividade do setor de fécula de mandioca em relação ao amido de milho é explicada pelas dificuldades na obtenção da matéria-prima, ou seja, raízes de mandioca, em quantidades e preços estáveis. Foi possível, por meio do cálculo do coeficiente de correlação de Pearson, observar uma correlação de 94% entre anos e área cultivada, ajustou-se uma reta de regressão aos dados (Equação 12).

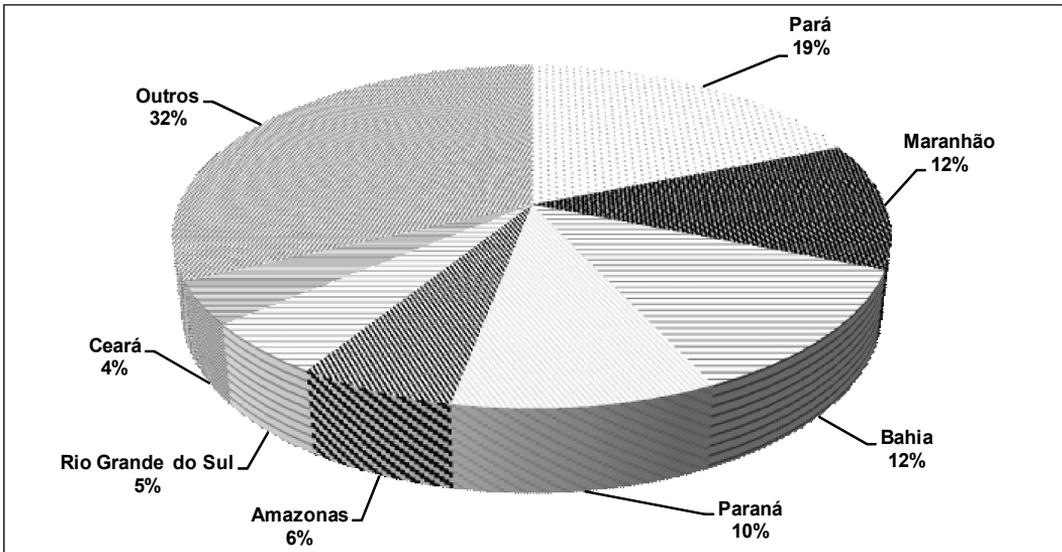


Figura 2. Produção percentual de mandioca nos principais estados brasileiros

Fonte: construído com base em dados do IBGE (2015)

$$Y = -0,077x + 157,71 \quad (12)$$

O valor de R² dessa equação de regressão foi 89%, encontrou-se p < 0,05 para regressão e fatores da equação, o que comprovou o bom ajuste do modelo (Figura Nº 3).

A previsão de área agrícola brasileira destinada ao cultivo de mandioca com base na equação de regressão seria de 2,63% para 2014 e de 2,55% para

2015, o que indica um aumento em relação a 2013, porém não voltaria ao valor de 2,79% observado em 2012. Essa redução tem sido percebida por economistas que destacam o aparecimento de problemas de abastecimento nas indústrias do setor. Os resultados reais disponibilizados pelo IBGE (2017) informaram dados ainda mais preocupantes, pois no ano de 2014 o valor foi de 2,26% e em 2015 de 2,16%. Isto confirma a redução da área destinada a cultura da mandioca no Brasil.

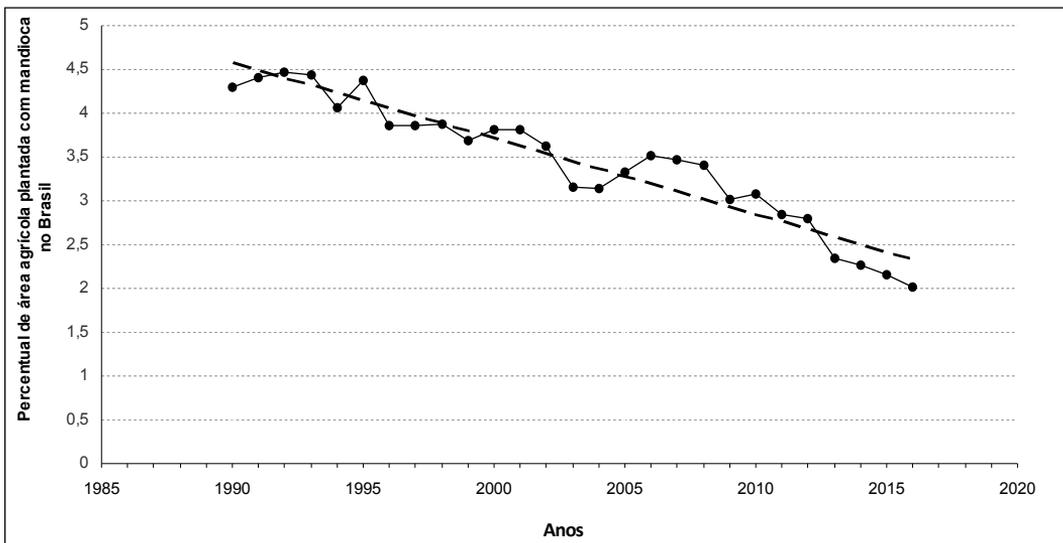


Figura 3. Equação de regressão ajustada a tendência de redução de área de plantio de Mandioca ao longo dos anos no Brasil

Fonte: construído com base em dados do IBGE (2015)

De acordo com Groxko (2013), as feccularias e farinheiras estão encontrando problemas para seu abastecimento, o que têm acarretado a busca pelo produto em áreas mais distantes e o aumento dos preços em todos os seguimentos de comercialização. No final de 2013 e início de 2014 observou-se realmente um pico de preços, chegando próximo aos 550 reais por tonelada (Figura Nº 4). Porém Silva (2013) explica que esse aumento nos preços foi ocasionado pela seca, que prejudicou por dois anos seguidos os cultivos de mandioca e milho no Nordeste do País. A redução da produção de milho e conseqüente redução na produção de amido aumentou ainda mais os preços da fécula, que é concorrente do amido em diversos setores industriais.

Esses aumentos de preços tendem a ocasionar um aumento na área de plantio, tal fato aumenta a oferta de mandioca, o que na seqüência causa uma queda nos preços, criando ao final de um período mais longo um ciclo. Apesar da tendência de queda linear visualizada na Figura Nº 3, os ciclos de aumento seguidos por redução de área também podem ser claramente observados.

A seguir realizou-se a construção de um modelo estatístico para previsão dos preços do ano de 2015, por meio da avaliação uma série temporal de médias

mensais construída com os valores disponibilizados pelo CEPEA (2015), a partir do ano de 2010. Para a avaliação escolheu-se o método de Alisamento Exponencial de Holt-Winters, pois observou-se com base no gráfico a presença de sazonalidade, além de nos testes realizados esse método ter se ajustado melhor do que o de médias móveis ou outros métodos de ajuste exponencial.

Foram testados os modelos aditivo e multiplicativo, sendo que o modelo aditivo apresentou menores valores de erros sendo escolhido para avaliar os dados e realizar a estimativa de valores futuros. Os parâmetros que minimizaram os erros foram $\hat{\alpha} = 1,0$ e $\hat{\beta} = 0,0$ e $\hat{\gamma} = 0,860$. Os valores encontrados para os erros calculados foram 21,6400 para o erro médio absoluto (MAE); 32,7506 para o erro quadrático médio (RMSE); e 7,59% para média de erro absoluto percentual (MAPE). O gráfico ilustrativo do desempenho do modelo pode ser visualizado na Figura Nº 4.

Os valores reais para o ano de 2015 visaram validar o modelo e os valores da previsão encontrados pelo método de ajuste exponencial aditivo de Holt-Winters, para os 12 meses do ano de 2015, podem ser visualizados no Quadro Nº 1.

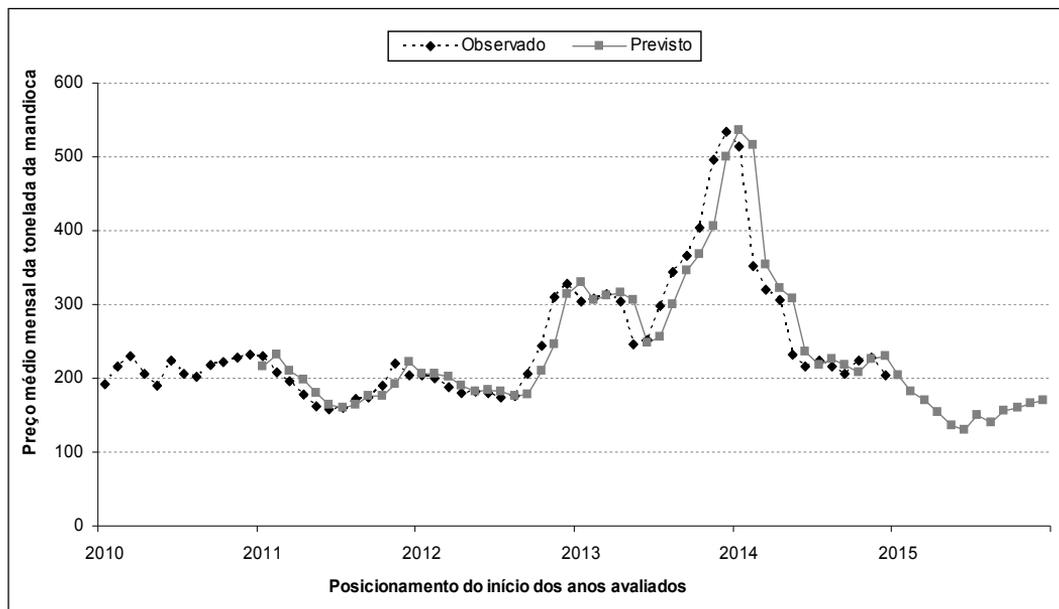


Figura 4. Dados de preço médio mensal da tonelada de mandioca desde janeiro de 2010 até dezembro de 2014 e previsão para o ano de 2015 calculados pelo método de Holt-Winters aditivo
Fonte: construído com base nos dados disponibilizados pelo CEPEA (2015)

De acordo com dados divulgados no site do Canal Rural (2015), os valores chegaram em meados de junho a R\$ 142,93. Esse valor ficou próximo ao obtido por meio da análise que previu um valor médio para o mês de R\$ 130,45 e ficou dentro dos limites de confiança de R\$ 65,47 e R\$ 195,42. Estes, juntamente com os valores médios dos primeiros meses de 2015, confirmaram a eficiência da previsão realizada pelo método escolhido, sendo importantes para validação do modelo. Chavez (1997), explica que as previsões não têm o intuito de serem exclusivas ou permanentes e que estas precisam ser revisadas e até mesmo alteradas ao longo do tempo, pois informações disponibilizadas devem ir sendo acrescentadas sempre que possível, afirma ainda que a previsão é uma ferramenta importante, mas exige uma análise criteriosa.

Quanto à escolha da metodologia, Castanho (2011) explica que nenhum método pode ser considerado como o melhor para fazer as previsões sendo que todos apresentam vantagens e desvantagens, o que torna o procedimento de previsão uma tarefa complexa e de difícil execução. Buscando-se verificar o comportamento de destinação de área para o cultivo da mandioca

realizou-se uma avaliação mais detalhada dos quatro principais estados tradicionalmente descritos como principais produtores, responsáveis por mais de 50% da produção. A mesma realizou-se por meio de dois tipos de previsão descritas por Gujarati & Porter (2011), *i.e.*, os métodos de suavização exponencial e o processo auto regressivo integrado de média móvel (ARIMA).

3.1. AVALIAÇÃO REALIZADA PARA O ESTADO DO PARÁ

Iniciou-se a avaliação pelo estado do Pará, que destina uma maior área e é o maior produtor de mandioca nacional. A produtividade média daquele estado no ano de 2013 foi de 15,29 toneladas por hectare, responsável em 2013 por 21,51% da produção nacional (IBGE, 2015). De acordo com Alves & Modesto Júnior (2013), a produção de mandioca daquele estado é em sua grande maioria destinada à produção de farinha, sendo que em 2013 o Pará produziu apenas 3.000 toneladas de fécula, o que representou 0,6% da produção nacional. Observou-se que durante todo o período de dados levantados para a realização desse estudo, grande parte da área agrícola do estado foi

Quadro 1. Valores previstos e intervalo de confiança para a previsão dos preços para os próximos meses por meio do método de Holt Winters aditivo

Meses de 2015	Valores médios reais observados no site do CEPEA*	Valores da previsão	Intervalo de confiança a 95%	
			Limite inferior	Limite superior
Janeiro	202,95	203,98	139,00	268,95
Fevereiro	187,38	182,45	117,47	247,42
Março	179,46	170,07	105,09	235,04
Abril	186,83	153,17	88,19	218,14
Mai	172,95	135,24	70,26	200,21
Junho	157,79	130,45	65,47	195,42
Julho	140,83	149,19	84,21	214,16
Agosto	139,08	140,50	75,52	205,47
Setembro	141,72	156,96	91,98	221,93
Outubro	148,59	159,50	94,52	224,47
Novembro	181,47	166,00	101,02	230,97
Dezembro	212,47	169,69	104,71	234,66

Nota: (*) Dados coletados após a passagem de um ano da pesquisa

Fonte: elaborado pelos autores

destinada ao cultivo da mandioca, tendo inclusive chegado no ano de 1992 a um valor próximo a 50% da área cultivável do estado, que segundo o IBGE é de 888.463 hectares. Porém, ao longo da maior parte do tempo avaliado, a ocupação ficou entre 20 e 40% da área agricultável do estado.

Ao se realizar uma análise estatística descritiva o valor de 50% se posicionou como um *outlier*. Os dados mostraram tendência inicial negativa e posterior tendência positiva até 2011 quando parece ter iniciado uma nova redução de área de cultivo naquele estado. Para realização da previsão dos valores de área a ser cultivada utilizou-se o método de Alisamento Exponencial Biparamétrico de Holt (AEBH). Por esse método ter se ajustado melhor do que o de médias móveis ou outros métodos de ajuste exponencial, apresentando normalidade nos resíduos e valores de erro médio absoluto (MAE) de 1,7684, erro quadrático médio (RMSE) de 2,0311 e média de erro absoluto percentual (MAPE) de 5,57%. Para tanto, os parâmetros que minimizaram esses erros foram $\alpha = 1,0$ e $\beta = 0,76$.

Os resultados da previsão realizada por esse método foram 31,94% da área para o ano de 2014 com intervalo de confiança entre 28,88 e 34,93%. Calculou-se ainda – lançando mão da ferramenta

de *Bootstrapping* – o valor de previsão para o ano de 2015 resultando em 34,03%, com intervalo de confiança de 31,00 a 37,05%. Os valores previstos e a série observada para o estado do Pará podem ser visualizados na Figura Nº 5. Chavez (1997) explica que resultados mais confiáveis por meio dos modelos ARIMA são obtidos com séries de 30 dados, aqui só foram utilizados 24 dados por não existirem mais dados disponíveis para as séries a serem avaliadas, mas cabe destacar que isso pode acarretar imprecisão aos valores calculados por esse método.

Verificou-se o comportamento não estacionário da série por meio do teste de Raiz Unitária de Dickey-Fuller Aumentado, onde $p > 0,05$. Portanto para realização da previsão por meio dos modelos de Box-Jenkins foi necessária uma diferenciação a qual se mostrou suficiente para tornar os dados estacionários. Posteriormente escolheu-se como mais adequado um modelo ARIMA (1,1,0), com o qual foram obtidos os resultados apresentados no Quadro Nº 2.

Os resíduos foram igualmente testados e observou-se uma distribuição normal e ausência de auto correlações. Os valores previstos para área de cultivo de mandioca no estado do Pará nos

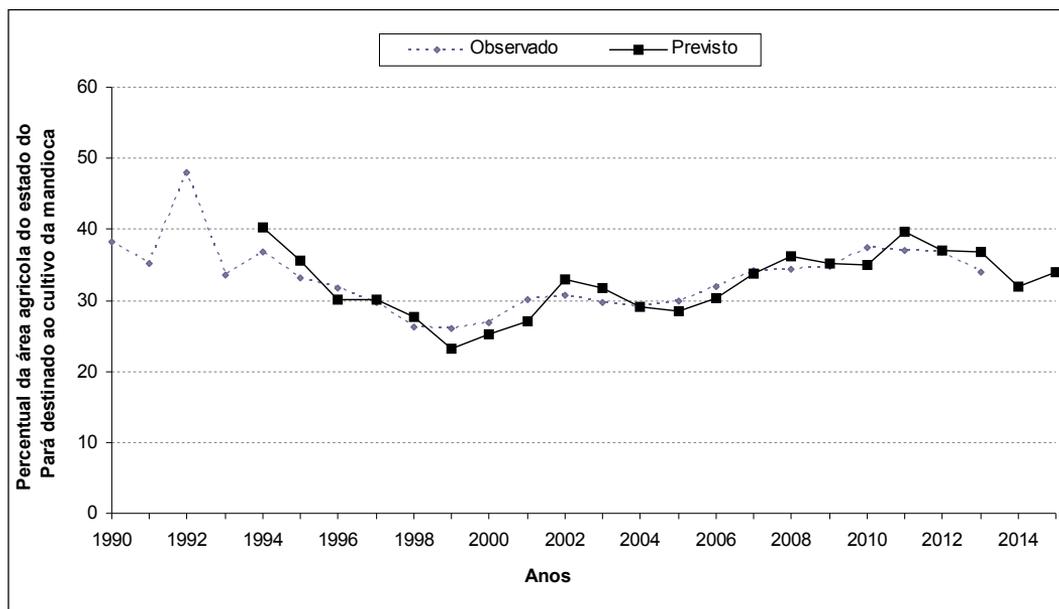


Figura 5. Previsão por meio de suavização exponencial biparamétrica de Holt, ajustada à variação de área de plantio de mandioca ao longo dos anos no Pará

Fonte: construído com base em dados do IBGE (2015)

Quadro 2. Valores calculados para a equação do modelo ARIMA (1,1,0)

	Coefficiente	Erro padrão	Valor de z	p-valor
Parâmetro phi_1	-0,54	0,17	-3,19	0,0014 ***

Nota: (***) nível de 1% de significância

Fonte: elaborado pelos autores

anos 2014 e 2015 por esse método foram superiores aos encontrados pelo método de suavização exponencial biparamétrica de Holt que indicou um aumento de área enquanto os resultados do modelo ARIMA direcionaram para uma leve redução de área (Quadro Nº 3).

Quadro 3. Valores previstos, erro padrão e intervalo de confiança para a previsão pelo método ARIMA (1,1,0)

Anos	Previsão	Erro padrão	Intervalo de Confiança a 95%
2014	35,53	3.732	(28,22, 42,85)
2015	34,72	4.104	(26,67, 42,76)

Nota: para intervalos de confiança de 95%, $z(0,025) = 1,96$

Fonte: elaborado pelos autores

De acordo com o IBGE (2017) os valores reais observados para o estado do Pará foram de 36,13% para o ano de 2014 e 30,45 para o ano de 2015, portanto fora do intervalo de confiança calculado pelo método de suavização exponencial biparamétrica de Holt, sendo que o método ARIMA apresentou resultados mais próximos dos reais e intervalos de confiança mais adequados para este estado. Dessa forma o método ARIMA (1,1,0) foi escolhido para calcular a previsão de área neste estado para os anos de 2016 e 2017. Sendo que se obtiveram os valores de previsão de área plantada para o ano de 2016 de 33,78% com limites entre 26,42 e 40,89%; e para o ano de 2017 um percentual de área plantada de 31,84 com limites entre 23,95 e 39,73%. O que confirmou uma previsão de redução de área plantada com mandioca para o estado do Pará.

3.2. AVALIAÇÃO REALIZADA PARA O ESTADO DO MARANHÃO

O estado do Maranhão também é um grande produtor de farinha de mandioca, mas de acordo

com Silva, Silva, Santos & Santos (2015). Esta cultura sofreu muita migração dentro do estado, pois tendeu a ser utilizada como cultura inicial nas áreas naturais, sendo posteriormente substituída por outras lavouras. O cultivo de mandioca desse estado ocupa entre 10 e 14% da área destinada à agricultura do estado que é de 1.845.490 hectares (Figura Nº 6). De acordo com dados do IBGE (2015) a produtividade média do ano de 2013 daquele estado foi de 6,98 toneladas por hectare, uma das mais baixas encontradas no País, apenas os estados de Ceará e Piauí apresentaram médias produtivas piores que o Maranhão.

O método de Alisamento Exponencial Simples foi escolhido para a análise da área a ser cultivada nesse estado, pois esse método ajustou-se melhor do que o de médias móveis ou outros métodos de ajuste exponencial, apresentando normalidade nos resíduos e valores de erro médio absoluto (MAE) de 0,8353; erro quadrático médio (RMSE) de 1,0931; e média de erro absoluto percentual (MAPE) de 6,97%. Para tanto, o parâmetro que minimizou esses erros foi $\hat{\alpha} = 0,606$. Os resultados da previsão realizada por esse método foram 10,75% da área para o ano de 2014, com intervalo de confiança entre 9,16 e 12,34%; e lançando mão da ferramenta de *Bootstrapping* calculou-se o valor de 10,51% para o ano de 2015, com intervalo de confiança de 8,92 a 12,10%. Os valores previstos e a série observada para o estado do Maranhão podem ser visualizados na Figura Nº 6.

Verificou-se o comportamento não estacionário da série por meio do teste de Raiz Unitária de Dickey-Fuller Aumentado, onde $p > 0,05$. Portanto, para realização da previsão por meio dos modelos de Box-Jenkins foi necessária uma diferenciação, a qual se mostrou suficiente para tornar os dados estacionários. Posteriormente escolheu-se como mais adequado um modelo ARIMA (0,1,2), com o qual foram obtidos os resultados apresentados no Quadro Nº 4.

Os resíduos foram igualmente testados e observou-se uma distribuição normal e ausência de auto correlações. Os valores previstos para área

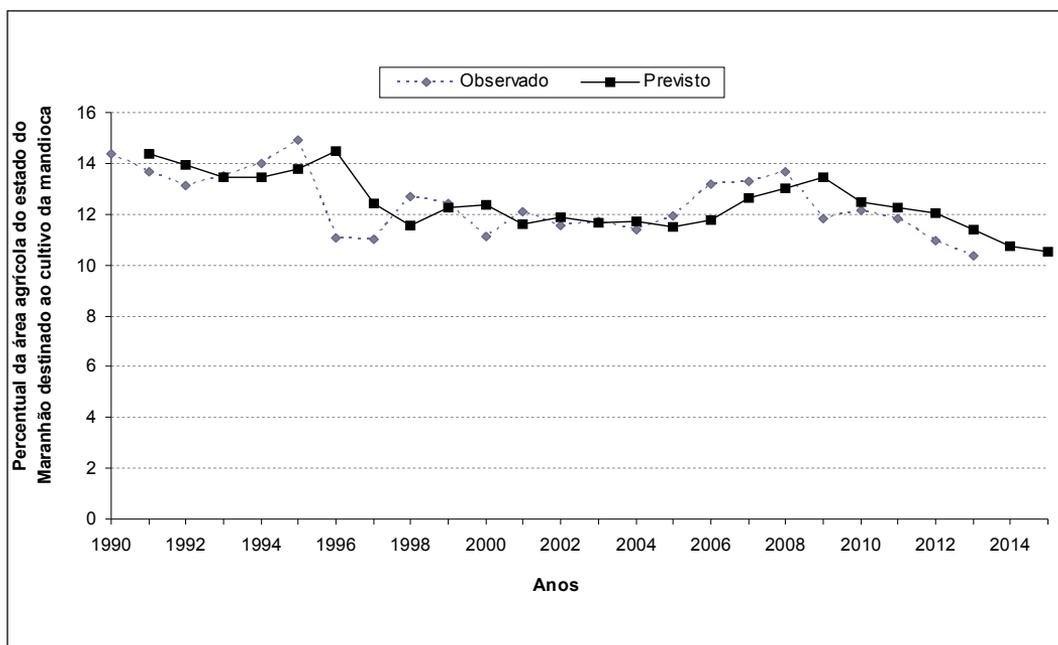


Figura 6. Previsão por meio de Suavização Exponencial Simples, ajustada à variação de área de plantio de mandioca ao longo dos anos no Maranhão

Fonte: construído com base em dados do IBGE (2015)

Quadro 4. Valores calculados para a equação do modelo ARIMA (0,1,2)

	Coefficiente	Erro padrão	Valor de z	p-valor
Constante	-0,0988876	0,0390883	-2.530	0,0114 **
Parâmetro theta_1	-0,517894	0,227267	-2.279	0,0227 **
Parâmetro tetha_2	-0,482106	0,182156	-2.647	0,0081 ***

Notas: (**) nível de 5% de significância; (***) nível de 1% de significância

Fonte: elaborado pelos autores

de cultivo de mandioca no estado do Maranhão nos anos 2014 e 2015 por esse método foram superiores aos encontrados pelo método de Suavização Exponencial Simples e apresentaram

tendência de aumento de área (Quadro Nº 4). Já as previsões pelo método de suavização exponencial indicaram leve redução de área (Quadro Nº 5).

Quadro 5. Valores previstos, erro padrão e intervalo de confiança para a previsão pelo método ARIMA (0,1,2)

Anos	Previsão	Erro padrão	Intervalo de confiança a 95%
2014	10,86	0,9303	(9,04; 12,68)
2015	11,13	103,1730	(9,10; 13,15)

Nota: para intervalos de confiança de 95%, $z(0,025) = 1,96$

Fonte: elaborado pelos autores

Os dados reais apresentados pelo IBGE (2017) indicam os valores de 9,52% para o ano de 2014 e 9,64% para 2015, para o Maranhão. Os dois métodos de previsão estudados apresentaram resultados satisfatórios, sendo que os valores reais se aproximaram dos previstos e ficaram dentro dos intervalos de confiança fornecidos.

Como os valores calculados pelo método de suavização exponencial para esse estado se aproximaram mais dos reais, optou-se por apresentar as previsões para os anos de 2016 e 2017 por ele. Os resultados da previsão indicam um percentual de área de plantio de mandioca para 2016 de 9,704 com limites de confiança entre 7,64 e 11,76% e para 2017 percentual de 9,701 com limites de confiança de 7,67 a 11,72%. Indicando que a área de plantio de mandioca para o estado do Maranhão não tem perspectivas de apresentar grandes alterações ao longo dos dois anos para os quais se fez a previsão.

3.3. AVALIAÇÃO REALIZADA PARA O ESTADO DA BAHIA

No estado da Bahia a mandioca é produzida principalmente em pequenas propriedades com baixo nível tecnológico, sendo muito comum nesse estado o consórcio com outras culturas como o milho e o feijão, pequenas áreas são destinadas à produção, sendo que os agricultores reclamam muito da oscilação dos preços e da falta de mercado consumidor na época da safra, sendo essa as principais razões para migrarem para outras culturas (Carvalho, 2009). Desde o ano de 2008

observa-se uma queda progressiva na área destinada ao cultivo de mandioca no estado da Bahia (Figura Nº 7), sendo que em 2013 alcançou seu menor valor de 6% da área agricultável de 3.173.428 hectares e a produtividade média foi de 10,35 toneladas por hectare (IBGE, 2015).

O método de Alisamento Exponencial Simples foi o que apresentou os melhores resultados na avaliação da área de cultivo de mandioca nesse estado. Esse método ajustou-se melhor do que o de médias móveis ou outros métodos de ajuste exponencial. Para tanto o parâmetro que minimizou os erros foi $\alpha = 0,856$, sendo que o erro médio absoluto (MAE) calculado foi de 1,0211; o erro quadrático médio (RMSE) de 1,2722; e a média de erro absoluto percentual (MAPE) de 11,00%, sendo que os erros apresentaram distribuição normal.

Os resultados da previsão realizada por esse método para o ano de 2014 foi de 6,123% da área com intervalo de confiança entre 4,32 e 7,93%. Calculou-se ainda, lançando mão da ferramenta de *Bootstrapping*, o valor de previsão para o ano de 2015 resultando em 5,872% com intervalo de confiança de 4,07 a 7,67%. Os valores previstos e a série observada para o estado da Bahia podem ser visualizados na Figura Nº 7. A realização da previsão por meio dos modelos de Box-Jenkins foi realizada com base em um modelo ARIMA (0,0,2), com o qual foram obtidos os resultados apresentados no Quadro Nº 6. Os resíduos foram igualmente testados e observou-se uma distribuição normal e ausência de auto correlações.

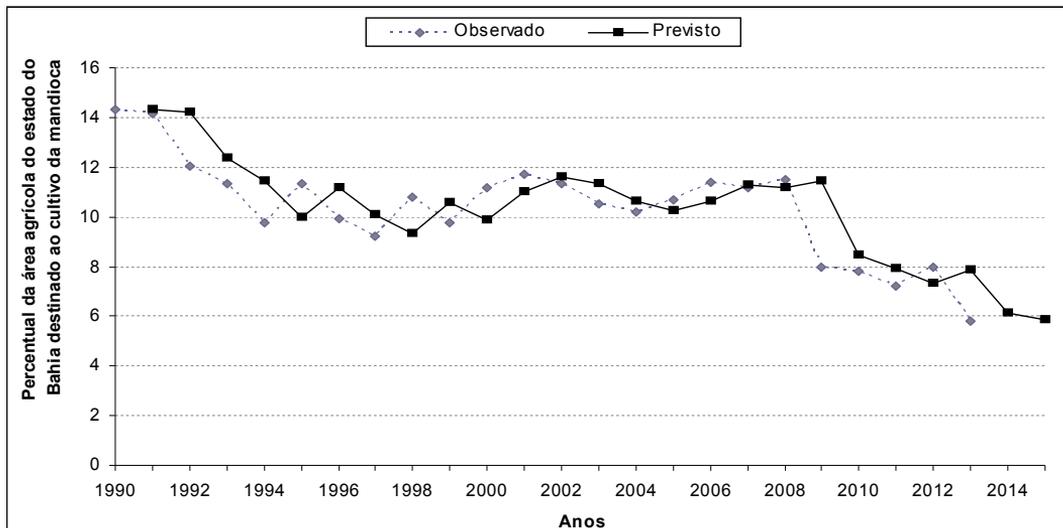


Figura 7. Previsão por meio de Suavização Exponencial Simples, ajustada à variação de área de plantio de Mandioca ao longo dos anos no estado da Bahia

Fonte: construído com base em dados do IBGE (2015)

Quadro Nº 6. Valores calculados para a equação do modelo ARIMA (0,0,2)

	Coefficiente	Erro padrão	Valor de z	p-valor
Constante	103.174	0,627691	16,44	1,04E-06 ***
Parâmetro theta_1	0,752415	0,186955	4.025	0,0000571 ***
Parâmetro tetha_2	0,563813	0,181979	3.098	0,0019 ***

Nota: (***) nível de 1% de significância

Fonte: elaborado pelos autores

Os valores previstos para área de cultivo de mandioca no estado da Bahia nos anos 2014 e 2015 por esse método indicaram crescimento de área para 2015, enquanto que os resultados para a suavização exponencial indicaram uma redução na área. Dessa forma observou-se um posicionamento contrário dos métodos (Quadro Nº 7). Para esse estado os valores calculados pelo método de Suavização Exponencial também foram menores que os calculados pelo método ARIMA.

Quadro 7. Valores previstos, erro padrão e intervalo de confiança para a previsão pelo método ARIMA (0,0,2)

Anos	Previsão	Erro padrão	Intervalo de Confiança a 95%
2014	7,35	137.016	(4,66, 10,03)
2015	8,63	171.469	(5,27, 11,99)

Nota: para intervalos de confiança de 95%, $z(0,025) = 1,96$

Fonte: elaborado pelos autores

Os valores de área de cultivo na Bahia foram de 5,69% para o ano de 2014 e de 5,25% para o ano de 2015 segundo informações disponibilizadas pelo site do IBGE (2017). Observou-se que os valores reais ficaram dentro dos intervalos de confiança fornecidos pelos dois métodos de previsão utilizados, mas o método Alisamento Exponencial Simples apresentou resultados previstos mais próximos dos reais. Por esse motivo optou-se por apresentar as previsões para os anos de 2016 e 2017 pelo método de Alisamento Exponencial Simples, sendo que os resultados indicam respectivamente áreas de 5,31% com limites de confiança entre 2,95 a 7,66% para o ano de 2016 e de 5,30% com limites entre 2,98 a 7,61% para o ano de 2017. Indicando que não se devem

esperar grandes alterações nas áreas destinadas ao cultivo de mandioca no estado da Bahia.

3.4. AVALIAÇÃO REALIZADA PARA O ESTADO DO PARANÁ

Diferentemente dos outros três estados anteriormente descritos, o Paraná não tem grande foco na produção de farinha, a industrialização nesse estado é direcionada para a fécula, onde em 2012 foram produzidas 374,3 mil toneladas, representando 72% do total nacional. No estado do Paraná foram cultivados em 2013 um total de 156.198 hectares com mandioca, sendo que em termos de produtividade foi o segundo mais produtivo com média de 24,12 toneladas por hectare e só perdeu para o estado de São Paulo que apresentou uma média de 24,53 toneladas por hectare sendo a maior do país para o ano de 2013 (IBGE, 2015).

Observando-se os dados de área destinada à cultura ao longo dos anos, a tendência linear não foi observada, sendo que se comprovou o comportamento estacionário da série por meio do teste de Raiz Unitária de Dickey-Fuller Aumentado onde $p < 0,05$. Notou-se para esse estado uma variação cíclica entre 1 e 2,5% da área do estado destinada ao cultivo de Mandioca. Para realização de uma previsão optou-se pela aplicação da Suavização Exponencial Simples. A constante de amortecimento da Suavização Exponencial Simples de nível $\hat{\alpha}$ calculada foi 0,99 pois esse valor minimizou o erro quadrático médio (RMSE) de 0,2862, o erro médio absoluto (MAE) de 0,2390 e a média absoluta percentual de erro (MAPE) de 14,10%. Constatou-se ainda a normalidade dos resíduos. Dessa forma essa técnica foi escolhida como preferencial em relação ao uso do alisamento exponencial biparamétrico de Holt e ao método das médias móveis, os quais ao serem testados apresentaram erros superiores.

A previsão de área percentual plantada com mandioca no estado do Paraná, calculada pelo

método para o ano de 2014 foi de 1,511%, apresentando intervalos de confiança ao nível de 95% entre os valores de 1,08% e 1,94%. Calculou-se ainda, lançando mão da ferramenta de *Bootstrapping*, o valor de previsão para o ano de 2015 resultando em 1,510%. Mas esse método de previsão, por não aplicar correções de tendência, deixa as previsões bem próximas não sendo muito aconselhável a extrapolação para períodos muito distantes. Os valores previstos e a série observada para o estado da Paraná podem ser visualizados na Figura Nº 8.

Realizando-se a previsão por meio dos modelos de Box-Jenkins escolheu-se como mais adequado um modelo ARIMA (0,0,1), sendo que para tal obteve-se os resultados apresentados no Quadro Nº 8.

Os resíduos foram igualmente testados e observou-se uma distribuição normal e ausência de auto correlações significativas. Os valores previstos para área de cultivo de mandioca no estado do Paraná nos anos 2014 e 2015 por esse método foram ligeiramente superiores aos encontrados pelo método de Suavização Simples (Quadro Nº 9) e apontam para um aumento de área enquanto que os encontrados pelo método de Suavização Exponencial indicam uma leve redução. Segundo Bernardi (2015), a área plantada com mandioca no Paraná foi de 165 mil hectares, sendo que de acordo com o IBGE este estado possui 10.337.789 hectares cultiváveis; isso corresponderia a 1,59% da área. Esse valor ficou entre aos valores encontrados pelas duas metodologias utilizadas na previsão apresentada nesse estudo; tal fato pode comprovar a eficácia dos métodos.

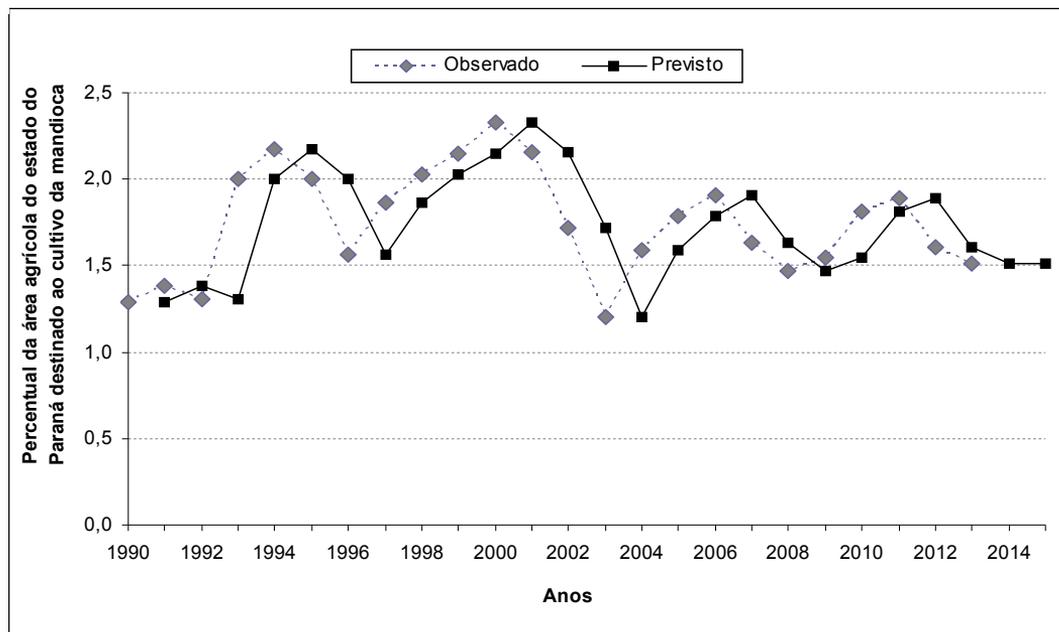


Figura 8. Previsão por meio de Suavização Exponencial Simples, ajustada à variação de área de plantio de Mandioca ao longo dos anos no estado do Paraná

Fonte: construído com base em dados do IBGE (2015)

Quadro 8. Valores calculados para a equação do modelo ARIMA (0,0,1)

	Coefficiente	Erro Padrão	Valor de z	p-valor
Constante	173.341	0,0788171	219.928	< 0,0001 ***
Parâmetro theta_1	0,593916	0,144066	41.225	< 0,0001 ***

Nota: (***) nível de 1% de significância

Fonte: elaborado pelos autores

Quadro 9. Valores previstos, erro padrão e intervalo de confiança para a previsão pelo método ARIMA (0,0,1)

Anos	Previsão	Erro padrão	Intervalo de Confiança a 95%
2014	165.993	0,245707	(1,17835, 2,14151)
2015	173.341	0,285774	(1,17331, 2,29352)

Nota: para intervalos de confiança de 95%, $z(0,025) = 1,96$

Fonte: elaborado pelos autores

Pode-se ainda citar os dados do IBGE (2017), que apresenta os valores reais de 1,48% para o ano de 2014 e 1,52% para o ano de 2015 que também apresentaram resultados aproximados entre os reais e previstos pelos dois métodos, ficando em ambos dentro das faixas de intervalos de confiança obtidos. Como os valores calculados pelo método de Suavização Exponencial Simples para esse estado se aproximaram mais dos reais, optou-se por apresentar as previsões para os anos de 2016 e 2017 por ele.

Os resultados indicam respectivamente áreas de cultivo com mandioca para o estado do Paraná para o ano de 2016 de 1,51% com limites entre 0,99 e 2,05%; e de 1,52% com limites entre 1,00 e 2,03% para o ano de 2017. Para o estado do Paraná as previsões de percentual de área de cultivo de mandioca indicaram a manutenção a uma leve reação de aumento de área para o ano de 2017.

4. CONCLUSÃO

Observou-se que o Brasil possui ciclos de aumento e redução de área destinada à produção de mandioca, mas, além dos ciclos vem apresentando uma redução linear na área destinada ao cultivo. Dentre os quatro estados principais produtores de mandioca avaliados, os estados do Maranhão e Bahia apresentaram redução de área nos últimos anos. Isto resulta na redução da área nacional, pois são estados que possuem grande representatividade em área de produção, estando respectivamente em segundo e terceiro lugar no que diz respeito a área cultivada.

Nos estados do Maranhão e Bahia a mandioca é utilizada principalmente para produção de

farinha e a maior parte dos produtores utilizam técnicas de cultivo rudimentares, sendo que a produtividade é baixa. Já o estado do Pará, grande produtor de farinha de mandioca e o estado do Paraná, grande produtor de fécula, apresentaram produtividades melhores e tendência de manutenção ou aumento das áreas produtivas. Mas, também passam pelos problemas de uma produção cíclica com aumentos e reduções de área que ocorrem por conta das oscilações de preços das raízes de mandioca. A redução de área produtiva se mostra contrastante com uma indústria de produção de fécula e farinha cada dia mais crescente e preocupa o setor agroindustrial que emprega a mandioca como principal matéria prima.

Os erros calculados foram menores para os modelos Box-Jenkins. Mas, por serem séries com número menor do que 30 dados, acredita-se ser mais adequada a escolha pelos métodos de Suavização Exponencial que são indicados para séries temporais com pequeno número de anos. As técnicas estatísticas de previsão utilizadas e comparadas apresentaram valores próximos. Não obstante, o método de suavização exponencial apresentou valores estimados menores que os encontrados pelo método Box-Jenkins e um direcionamento inverso em todos os casos: um prevendo aumento e outro redução de área para 2015; porém observou-se em todos uma boa proximidade dos intervalos de confiança com os valores reais coletados após o término do período de estudo, o que comprovou a validação dos modelos apresentados neste estudo.

Concluiu-se que foi possível a realização de uma previsão de áreas para os anos de 2016 e 2017 por meio dos modelos desenvolvidos neste estudo, disponibilizando uma previsão de dados para um futuro próximo. Tais previsões indicam redução de área destinada ao cultivo da mandioca no estado do Pará e manutenção das áreas de cultivo nos estados do Maranhão, Bahia e Paraná. Espera-se que tais previsões sejam úteis para os setores agrícolas e industriais relacionados à cultura da mandioca no Brasil e no mundo.

REFERÊNCIAS

- Action. (2015). *Portal Action: ambiente virtual de aprendizado. Software Action*. Retirado de <http://www.portalaction.com.br/>
- Alves, R. N. B. & Modesto Júnior, M. de S. (09 de agosto de 2013). Demanda maior que a oferta da mandioca faz com que agricultor ganhe mais vendendo raiz que produzindo farinha. *Eco Debate. Cidadania & Meio Ambiente*. Retirado de <http://www.ecodebate.com.br/2013/08/09/demanda-maior-que-a-oferta-da-mandioca-faz-com-que-agricultor-ganhe-mais-vendendo-raiz-que-produzindo-farinha-artigo-de-raimundo-nonato-brabo-alves-e-moisés-de-souza-modesto-junior/>
- Barbetta, P. A., Reis, M. M. & Bornia, A. C. (2010). *Estatística para cursos de engenharia e informática*. 3º ed. São Paulo: Atlas.
- Bernardi, A. (01 de fevereiro de 2015). Mandioca apodrece na terra para reduzir prejuízos de agricultores do PR. *Globo Rural*. Retirado de <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2015/02/mandioca-apodrece-na-terra-para-reduzir-prejuizos-de-agricultores-do-pr.html>
- Box, G. & Jenkins, G. (1970). *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day.
- Canal Rural. (2015). *Mandioca desvalorizou 41,5% na semana passada*. Retirado de <http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/mandioca-desvalorizou-415-semana-passada-57177>
- Carvalho, F. M. (2009). Sistemas de produção de mandioca em treze municípios da Região Sudoeste da Bahia. *Bragantia*, 68(3), 699-702.
- Castanho, B. J. da S. (2011). *Modelos para previsão de receitas tributárias: o ICMS do estado do Espírito Santo*. (Tese de Mestrado inédita). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, CEPEA. (2013). *Produção de fécula fica estagnada e margem diminui em 2012*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Departamento de Economia, Administração e Sociologia, Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz». Retirado de http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_CensoFecula2013.pdf
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, CEPEA. (2015). *Raiz de mandioca*. Série de Preços. Retirado de <http://cepea.esalq.usp.br/mandioca/?page=474&Dias=15#>
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, CEPEA. (2017). *Raiz de mandioca*. Série de Preços. Retirado de <http://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/mandioca.aspx>
- Companhia Nacional de Abastecimento, CONAB. (2014). *Perspectivas para agropecuária. Volume 2 – Safra 2014-2015*. Brasília: CONAB. Retirado de http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_18_03_00_perspectivas_2014-15.pdf
- Chavez Quisbert, N. (1997). Modelos Arima. *Revista Ciencia y Cultura*, (1), 23-30.
- Creal, D. (2017). *How to download and install Stat Pro*. Retirado de <http://faculty.chicagobooth.edu/drew.creal/teaching/basicCourseMaterial/statpro/HowToDownloadAndInstallStatPro.pdf>
- Ehlers, R. S. (2009). *Análise de séries temporais*. Retirado de <http://www.icmc.usp.br/ehlers/stemp/stemp.pdf>
- Fava, V. L. (2000). Análise de séries de tempo. Em: Vasconcelos, M. A. S. & Alves, D. C. O. (Eds.), *Manual de econometria: nível intermediário* (pp. 205-232). São Paulo: Atlas.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. (2015). *Cultivos*. Retirado de http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/E
- Feliciano, R. A. (2009). *Uma proposta de gerenciamento integrado da demanda e distribuição, utilizando sistemas de apoio a decisão (SAD) com business inteligente (BI)*. (Tese de Mestrado inédita). Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Fukuda, C. & Otsubo, A. A. (2003). *Cultivo da mandioca na região Centro Sul do Brasil. Sistemas de Produção*, 7. Brasília: Embrapa Mandioca e Fruticultura. [Versão Eletrônica]. Retirado de http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_centrosul/importancia.htm
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6a. ed. São Paulo: Atlas.
- Gomes, F. C. (1989). Os modelos Arima e a abordagem de Box-Jenkins uma aplicação na previsão do IBOVÉSPA a curtíssimo prazo. *Revista de Administração de Empresas*, 29(2), 63-70.
- Gonçalves, F. (2007). *Excel Avançado 2003/2007 Forecast: análise e previsão de demanda*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna.
- Goodwin, P. (2010). *The Holt-Winters approach to exponential smoothing: 50 years old and going strong*. Foresight Fall. Retirado de http://forecasters.org/pdfs/foresight/free/Issue19_goodwin.pdf
- Gretl. (2015). *GNU regression, econometrics and time-series library*. Retirado de <http://gretl.sourceforge.net/pt.html>
- Groxko, M. (2013). *Mandiocultura. Análise da Conjuntura Agropecuária*. Curitiba: SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento e DERAL - Departamento de Economia Rural.
- Gujarati, D. N. & Porter, D. C. (2011). *Econometria Básica*. 5.ed. Porto Alegre: AMGH.
- Howeler, R., Lutaladio, N. & Thomas, G. (2013). *Save and Grow: Cassava. A guide to sustainable production intensification*. Roma: FAO- Food And Agriculture Organization of The United Nations. Retirado de <http://www.fao.org/docrep/018/i3278e/i3278e.pdf>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. (2015). *Banco de dados Agregados*. Retirado de <http://www.sidra.ibge.gov.br/>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. (2017). *Banco de dados Agregados*. Retirado de <http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=t&o=11>
- Makridakis, S., Wheelwright, S. & Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting: methods and applications*, 3º ed., John Wiley, New York.
- Morettin, P. A. & Toloí, C. M.C. (2006). *Análise de Series Temporais*. São Paulo: Edgard Blucher.
- Netto, M. A. C. (2015). *A Previsão com a Metodologia de Box-Jenkins*. Rio de Janeiro: UFRJ. Instituto de Economia. Retirado de <http://www.ie.ufrj.br/download/APrevisaoComMetodologiadBox-Jenkins.pdf>
- Pelegriani, F. R. & Fogliatto, F. S. (2002). *Metodologia para Implantação de Sistemas de Previsão de Demanda*. Dissertação. Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).
- Sato, R. C. (2013). Gerenciamento de doenças utilizando séries temporais com o modelo ARIMA. *Einstein*, São Paulo, 11 (1), 128-131.
- Silva, I. D. C., Silva, F. B., Santos, J. R. N. & Santos, J. S. (2015). Dinâmica espaço - temporal da produção de Mandioca no Maranhão (1990-2012). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015. *Anais...* João Pessoa: INPE, 25 a 29 de abril de 2015. Retirado de <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1705.pdf>
- Silva, J. R. (2013). *Produção Nacional de Mandioca*. 2013. São Paulo: IEA - Instituto de Economia Agrícola. Retirado de <http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12649>
- Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R. (2009). *Administração da Produção*. (3º ed.). São Paulo: Atlas.
- Vilpoux, O. (2011). Desempenho dos arranjos institucionais e minimização dos custos de transação: transações entre produtores e fecculárias de mandioca. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, 49, (2), 271-294.
- Wessa, P. (2013). *Exponential Smoothing (v1.0.5) in Free Statistics Software (v1.1.23-r7)*. Office for Research Development and Education. Retirado de http://www.wessa.net/rwasp_exponentialsMOOTHING.wasp/