

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DAYANE REGINA TRAGE

**ESTUDO DO MERCADO DE FERTILIZANTES NO BRASIL POR MEIO  
DE PREVISÕES ESTATÍSTICAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Medianeira

2019

DAYANE REGINA TRAGE

**ESTUDO DO MERCADO DE FERTILIZANTES NO BRASIL POR MEIO  
DE PREVISÕES ESTATÍSTICAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt

Coorientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Medianeira

2019



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

# ESTUDO DO MERCADO DE FERTILIZANTES NO BRASIL POR MEIO DE PREVISÕES ESTATÍSTICAS

Por

DAYANE REGINA TRAGE

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 13 horas e 50 minutos do dia 19 de junho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o projeto para realização de trabalho de diplomação aprovado.

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Carla A. P. Schmidt  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
(Orientadora)

---

Prof. Dr. José A. A. dos Santos  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
(Coorientador)

---

Prof. Dr. Pedro Elton Weber  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
(Convidado)

---

Prof. Me. Neron A. C. Berghauser  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
(Convidado)

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

A Deus, a minha família e aos meus amigos...

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me guiar até mais esta etapa e por renovar minhas forças para enfrentar os obstáculos do dia a dia e não desistir.

Aos meus pais, pelo apoio durante todo o período da graduação.

Aos meus amigos, que sempre fizeram dos meus dias mais felizes e me ajudaram em minhas dificuldades.

A Prof. Dra. Carla A. P. Schmidt, pela orientação e incentivo em todas as etapas desde trabalho, por estar sempre disposta a ajudar, além da paciência e dedicação para me ensinar algo novo.

Aos demais professores do Curso, por todos os ensinamentos passados.

O meu muito obrigada a todos que colaboraram de alguma forma para a realização deste trabalho.

“O primeiro passo para chegar a algum lugar é decidir que você não vai ficar onde está.”

J. P. Morgan

## RESUMO

TRAGE, Dayane Regina. **Estudo do mercado de fertilizantes no Brasil por meio de previsões estatísticas**. 2019. 130 f. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Devido ao crescimento populacional e a elevação da demanda por alimentos, existe uma tendência de aumento da utilização de fertilizantes na agricultura. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo do mercado de fertilizantes NPK no Brasil, a partir de modelagem matemática para obtenção de projeções futuras, além de avaliar e comparar os métodos utilizados para as previsões. Para tanto, primeiramente, abordou-se o estado atual do mercado global e brasileiro de fertilizantes e apresentou-se conceitos sobre métodos quantitativos de previsão e critérios de avaliação. Após isso, foram coletados dados históricos em relação a produção, o consumo, as exportações e as importações nacionais de fertilizantes em bases de dados confiáveis, como a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), a Organização para as Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A partir desta coleta, as previsões foram elaboradas por meio dos métodos de médias móveis, suavização exponencial, ARIMA e regressão linear múltipla, com auxílio dos programas Microsoft® Excel, Action Stat®. NNQ - Estatística e gretl®. Para as variáveis importações, exportações e o consumo de fertilizantes, o modelo mais adequado para previsões foi o de suavização exponencial, enquanto para a variável produção obteve-se como melhor resultado o método ARIMA. Em relação a regressão linear múltipla, encontrou-se um modelo para explicar o consumo de fertilizantes no Brasil a partir dos determinantes área plantada e produção agrícola. Todas as projeções elaboradas foram satisfatórias, pois não ultrapassaram os limites superiores e inferiores de previsão.

**Palavras-chave:** Cenários; modelagem matemática; séries temporais.

## ABSTRACT

TRAGE, Dayane Regina. **Study of the fertilizer market in Brazil through statistical forecasts**. 2019. 130 f. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Due to population growth and rising demand for food, there is a trend towards increased use of fertilizers in agriculture. In this sense, the objective of the present work was to perform a study of the NPK fertilizer market in Brazil, from mathematical modeling to obtain future projections, as well as to evaluate and compare the methods used for forecasting. Firstly, the current state of the global and Brazilian fertilizer market was discussed and concepts about quantitative methods of forecasting and evaluation criteria were presented. After that, historical data were collected regarding the production, consumption, exports and national imports of fertilizers in a reliable database, such as the National Association for the Dissemination of Fertilizers (ANDA), the United Nations Organization for Agriculture and Food (FAO) and the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). From this collection, the forecasts were elaborated using the methods of moving averages, exponential smoothing, ARIMA and multiple linear regression, using the Microsoft® Excel, Action Stat®, NNQ - Statistics and gretl® programs. For the variables imports, exports and fertilizer consumption, the most suitable model for predictions was the one of exponential smoothing, whereas for the production variable the ARIMA method was obtained as best result. In relation to multiple linear regression, a model was found to explain fertilizer consumption in Brazil from the determinants of planted area and agricultural production. All projections were satisfactory, as they did not exceed the upper and lower forecast limits.

**Key-words:** Scenarios; mathematical modeling; time series.



## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Barril ilustrando a lei do mínimo (as tábuas representam os níveis de limitação oferecido pelos nutrientes necessários ao crescimento das plantas) .....                    | 30 |
| Figura 2. Cadeia produtiva dos fertilizantes .....  | 31 |
| Figura 3. Gráfico do consumo de fertilizantes NPK para uso agrícola por região mundial entre 2010 a 2016.....   | 33 |
| Figura 4. Gráfico da área plantada, produção de cereais e consumo de fertilizantes NPK no mundo para os anos de 1961 a 2016 .....   | 34 |
| Figura 5. Gráfico do consumo mundial de fertilizantes NPK para os anos de 2010 a 2016 .....   | 35 |
| Figura 6. Gráfico da variação do consumo de fertilizantes NPK, produção e área plantada de grãos, cana-de-açúcar e algodão no Brasil entre 1996 a 2016 (1996 = 100 %).....            | 37 |
| Figura 7. Fluxograma do processo de previsão .....  | 40 |
| Figura 8. Fluxograma do processo de seleção da abordagem da previsão .....  | 41 |
| Figura 9. Métodos de previsão de demanda .....  | 42 |
| Figura 10. Gráficos representativos de regressões .....   | 44 |
| Figura 11. Retas de mínimos quadrados .....   | 45 |
| Figura 12. Retas possíveis na regressão linear simples .....  | 46 |
| Figura 13. a) tendência de longo prazo, b) tendência a longo prazo e movimento cíclico, c) tendência a longo prazo, movimentos cíclicos e estacionais .....                           | 51 |
| Figura 14. Etapas de aplicação do método ARIMA.....   | 56 |
| Figura 15. Classificação da pesquisa.....   | 64 |
| Figura 16. Etapas de um estudo de pesquisa operacional.....   | 66 |
| Figura 17. <i>Boxplot</i> das séries temporais .....  | 72 |
| Figura 18. Séries históricas mensais do mercado de fertilizantes do Brasil entre 2007 e 2018 .....  | 73 |
| Figura 19. Índices sazonais aditivos de importação (a), exportação (b) e produção de fertilizantes NPK (c); índices sazonais multiplicativos do consumo de fertilizantes NPK (c)..... | 74 |
| Figura 20. Gráfico do ajuste e previsão de importações de fertilizantes .....   | 76 |
| Figura 21. Previsão de 12 meses para importações de fertilizantes por médias móveis.....  | 77 |
| Figura 22. Gráfico do ajuste e previsão de importações de fertilizantes por suavização exponencial .....  | 78 |
| Figura 23. Previsão de 12 meses para importações de fertilizantes por suavização exponencial .....  | 78 |
| Figura 24. Gráfico do ajuste e previsão de exportações de fertilizantes por suavização exponencial .....  | 80 |
| Figura 25. Previsão de 12 meses para exportações de fertilizantes por suavização exponencial .....  | 81 |
| Figura 26. Gráfico do ajuste e previsão de produção de fertilizantes por ARIMA .....  | 82 |
| Figura 27. Gráfico da previsão para 12 meses para produção de fertilizantes por ARIMA.....  | 83 |
| Figura 28. Gráfico do ajuste e previsão de consumo de fertilizantes por suavização exponencial .....  | 85 |
| Figura 29. Previsão de 12 meses para consumo de fertilizantes por suavização exponencial .....  | 85 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 30. Gráfico de comparação entre variáveis dependente e independentes ....  | 87 |
| Figura 31. Gráfico em 3D da equação ajustada .....  | 91 |
| Figura 32. Gráfico de comparação entre o modelo de regressão múltipla ajustado e o consumo real de fertilizantes no Brasil entre os anos de 1996 a 2016 e previsão para o ano de 2017 ..... | 91 |
| Figura 33. Normalidade dos resíduos obtidos por meio da regressão linear múltipla   | 92 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1. Descrição dos diferentes tipos de fertilizantes, corretivos e inoculantes, descritos pela legislação brasileira..... | 28 |
| Quadro 2. Categorias dos nutrientes essenciais para o crescimento dos vegetais...  | 29 |
| Quadro 3. Descrição das abordagens de previsão .....   | 42 |
| Quadro 4. Exemplos de aplicação de regressão múltipla .....  | 47 |
| Quadro 5. Padrões existentes em uma série temporal .....   | 51 |

**LISTA DE TABELAS**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. Maiores consumidores mundiais de fertilizantes NPK em 2016 .....                     | 35 |
| Tabela 2. Estatística descritiva dos dados do mercado de fertilizantes no Brasil.....          | 71 |
| Tabela 3. Comparação de métodos para previsão das importações .....                            | 75 |
| Tabela 4. Comparação entre real e previsto para importações.....                               | 76 |
| Tabela 5. Comparação de métodos para previsão das exportações .....                            | 79 |
| Tabela 6. Comparação entre real e previsto para exportações.....                               | 80 |
| Tabela 7. Comparação de métodos para previsão da produção.....                                 | 81 |
| Tabela 8. Comparação entre real e previsto para a produção .....                               | 82 |
| Tabela 9. Comparação de métodos para previsão do consumo .....                                 | 84 |
| Tabela 10. Comparação entre real e previsto para o consumo.....                                | 84 |
| Tabela 11. Coeficiente de correlação para as variáveis analisadas.....                         | 87 |
| Tabela 12. Modelos de regressão múltipla ajustados .....                                       | 88 |
| Tabela 13. Resultado da regressão linear múltipla .....  | 89 |
| Tabela 14. Erros dos modelos $M_1$ , $M_2$ e $M_3$ .....                                       | 90 |
| Tabela 15. Resultado da regressão $M_3$ .....  | 90 |
| Tabela 16. Previsão obtida pelos melhores modelo para cada variável expresso em toneladas..... | 95 |

## LISTA DE SIGLAS

|         |  |
|---------|--|
| AIC     | <i>Akaike information criterion</i>                          |
| ANDA    | Associação Nacional para Difusão de Adubos                   |
| AR      | Autorregressivo  |
| ARIMA   | Autorregressivo Integrado de Médias Móveis                   |
| ARMA    | Autorregressivo e de Médias Móveis                           |
| CV      | Coefficiente de Variação                                     |
| DAP     | Fosfato de Diamônio  |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                  |
| FAO     | Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura |
| HW      | Holt-Winters   |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística              |
| IFA     | Associação Internacional de Fertilizantes                    |
| IPR     | Índice de Preços Recebidos                                   |
| IS      | Índices Sazonais   |
| MA      | Média Móvel  |
| MAD     | <i>Mean Absolute Deviation</i>                               |
| MAP     | Fosfato de Monoamônio  |
| MAPE    | <i>Mean Absolute Percentage Error</i>                        |
| MMS     | Média Móvel Simples  |
| MSE     | <i>Mean Squared Error</i>                                    |
| NNQ     | Núcleo de Normalização e Qualimetria                         |
| NPK     | Nitrogênio, Fósforo e Potássio                               |
| OECD    | Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico    |
| PIB     | Produto Interno Bruto  |
| PNB     | Produto Nacional Bruto                                       |
| SEH     | Suavização Exponencial de Holt                               |
| SES     | Suavização Exponencial Simples                               |
| SSP     | Superfosfato Simples   |
| TSP     | Superfosfato Triplo  |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|            |   |
|------------|---|
| $\alpha$   | Constante de suavização para base                 |
| $\beta$    | Constante de suavização para tendência            |
| $\gamma$   | Constante de suavização para sazonalidade         |
| $\epsilon$ | Erro aleatório                                    |
| $\beta_n$  | Parâmetro desconhecido de regressão               |
| $\alpha_p$ | Parâmetro desconhecido do modelo autorregressivo  |
| $\beta_q$  | Parâmetro desconhecido do modelo de médias móveis |
| $\mu$      | Constante desconhecida                            |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>25</b> |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                              | <b>27</b> |
| 2.1 FERTILIZANTES.....  | 27        |
| 2.2 CADEIA PRODUTIVA DOS FERTILIZANTES .....                      | 30        |
| 2.3 MERCADO MUNDIAL DOS FERTILIZANTES.....                        | 32        |
| 2.4 MERCADO NACIONAL DOS FERTILIZANTES.....                       | 36        |
| 2.5 PREVISÃO.....   | 38        |
| 2.5.1 Processo de Previsão.....                                   | 39        |
| 2.5.2 Métodos de Previsão.....                                    | 41        |
| 2.6 MODELOS QUANTITATIVOS.....                                    | 43        |
| 2.6.1 Métodos Causais.....  | 43        |
| 2.6.1.1 Regressão simples.....                                    | 44        |
| 2.6.1.2 Regressão múltipla.....                                   | 47        |
| 2.6.2 Métodos Baseados em Séries Temporais.....                   | 50        |
| 2.6.2.1 Média móvel simples.....                                  | 51        |
| 2.6.2.2 Suavização exponencial simples.....                       | 52        |
| 2.6.2.3 Suavização exponencial com tendência.....                 | 53        |
| 2.6.2.4 Suavização exponencial com tendência e sazonalidade.....  | 54        |
| 2.6.2.5 Modelos autorregressivos integrados de médias móveis..... | 55        |
| 2.7 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE MODELOS DE PREVISÃO .....           | 59        |
| 2.7.1 Erros de Previsão.....                                      | 59        |
| 2.7.2 Critério de Informação de Akaike .....                      | 61        |
| 2.7.3 U de Theil.....   | 61        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                                 | <b>63</b> |
| 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....                               | 63        |
| 3.2 COLETA DE DADOS .....   | 66        |
| 3.3 ANÁLISE DE DADOS.....   | 67        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                             | <b>70</b> |
| 4.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS .....                            | 70        |
| 4.2 PREVISÕES.....  | 74        |
| 4.2.1 Importações de Fertilizantes .....                          | 75        |
| 4.2.2 Exportação de Fertilizantes.....                            | 79        |
| 4.2.3 Produção de Fertilizantes.....                              | 81        |
| 4.2.4 Consumo de Fertilizantes.....                               | 83        |
| 4.3 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA .....                               | 86        |
| 4.3.1 Comparação com Outros Estudos .....                         | 93        |
| 4.4 RESUMO DAS PREVISÕES APRESENTADAS PELOS MODELOS .....         | 94        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                               | <b>96</b> |
| REFERÊNCIAS.....  | 98        |
| APÊNDICE A - DADOS UTILIZADOS NA REGRESSÃO MÚLTIPLA.....          | 109       |
| APÊNDICE B - PREVISÕES PARA IMPORTAÇÃO .....                      | 110       |
| APÊNDICE C - PREVISÕES PARA EXPORTAÇÕES.....                      | 116       |
| APÊNDICE D - PREVISÕES PARA PRODUÇÃO .....                        | 124       |
| APÊNDICE E - PREVISÕES PARA CONSUMO .....                         | 132       |

## 1 INTRODUÇÃO

Com o nascimento da agricultura há milhares de anos, o homem passou a fixar-se e tornar-se mais dependente da terra em que vivia. Com o passar do tempo, notou-se que alguns solos não produziam de maneira satisfatória quando cultivados continuamente. Constata-se que, a partir de tais observações, teve início a prática da adubação, com a adição de dejetos de animais ou restos de vegetais ao solo, visando restaurar sua produtividade (LOPES; GUILHERME, 2008).

A partir de então, a agricultura tornou-se uma atividade fundamental para o abastecimento mundial de alimentos. Nesse contexto, há cerca de uma década, havia pouca preocupação em relação a demanda de alimentos, visto que modelos computacionais para projeções da época previram manutenção ou baixa do preço das *commodities* (VAN ITTERSUM *et al.*, 2013). Entretanto, atualmente, o consumo mundial de fertilizantes, tais como os provenientes de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), vem sendo influenciado principalmente pelo aumento da população, que eleva a demanda por alimentos, bem como pela expansão de áreas agricultáveis (ZHANG; ZHANG, 2007).

Entre os fatores que influenciam a agricultura, os fertilizantes proporcionam um retorno rápido sobre a produtividade, para tanto é de suma importância que os nutrientes sejam aplicados em quantidades adequadas para cada tipo de cultivo. Caso os nutrientes não sejam fornecidos ao solo por meio de fertilizantes, estes são absorvidos pelas plantas. Sendo assim, a falta de adubação apropriada pode ocasionar a degradação do solo, redução de sua produtividade e conseqüentemente, redução da produção e oferta de alimentos a longo prazo (CAMARGO, 2012). Dessa maneira é necessária a criação de políticas de alimentos e fertilizantes por parte dos governos, além de investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia para combater a perda de nutrientes do solo (TENKORANG; LOWENBERG-DEBOER, 2008).

A alta do consumo de fertilizantes também é impulsionada pelo crescimento econômico acelerado, principalmente em países emergentes, que segundo Godfray *et al.* (2010), eleva o poder de consumo e, conseqüentemente, a demanda por alimentos. Sendo assim, essa valorização das *commodities* tende a incentivar o aumento da produção agrícola mundial, por meio da ampliação das



áreas cultiváveis e uso intensivo de tecnologia, entre elas a utilização de fertilizantes (BOTEON; LACERDA, 2009).

Para que se atenda essa demanda por alimentos será necessário aumentar a produção global em 60 % até 2050 (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012). Nesse contexto, o Brasil destaca-se entre um dos principais fornecedores de alimentos do mundo e, conforme projeções realizadas em 2010, pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) e a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), será o maior país em termos de crescimento agrícola até 2019, sendo que sua produção deve crescer 40 % em relação ao período entre 2007 e 2009, apresentando uma porcentagem maior que a Rússia, a China e a Índia (OECD/FAO, 2010).

Tais cenários aumentam a exigência de fertilizantes no país, pois toda a cadeia produtiva, principalmente de indústrias alimentícias, depende da produção agrícola. Dessa forma, a realização de constantes previsões sobre este mercado e sobre os fatores que levam ao seu crescimento torna-se um fator crítico.

De acordo com Tenkorang e Lowenberg-DeBoer (2008), as previsões de demanda de fertilizantes são essenciais para o sucesso de planos de longo prazo para segurança alimentar global e a rentabilidade da indústria de fertilizantes. O conhecimento da quantidade de fertilizantes necessária para sustentar a produção agrícola futura é importante para organizações públicas e privadas interessadas na indústria de fertilizantes. Dessa forma, previsões do mercado de fertilizantes são imprescindíveis para planejar a produção futura de fertilizantes. Além disso, uma vez que o uso impróprio de adubos tem causado repercussões ambientais, as projeções podem auxiliar no alinhamento do melhor uso destes com as culturas produzidas.

Nesse sentido, o objetivo geral do presente trabalho foi realizar um estudo do mercado de fertilizantes no Brasil, com base em dados históricos e obtenção de modelos para projeções futuras. Para tanto, como objetivos específicos, levantou-se dados sobre o mercado de fertilizantes no Brasil, analisou-se as informações por meio de métodos de previsão e avaliou-se a precisão destas previsões.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão de literatura aborda os assuntos relevantes para a elaboração do presente trabalho. Primeiramente, realizou-se uma pesquisa sobre os conceitos iniciais relacionados aos fertilizantes e ao cenário atual desse mercado no Brasil e no mundo. Após isso, apresentou-se as etapas necessárias para a construção de modelos de previsões estatísticas e alguns métodos para realizá-las, dando ênfase a regressão linear simples e múltipla, médias móveis, suavização exponencial e ao modelo ARIMA.

### 2.1 FERTILIZANTES

Os fertilizantes são definidos, conforme a lei 6.894 (BRASIL, 1980, p. 1), como "substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes vegetais", sendo estes, segundo Dias e Fernandes (2006), um dos principais insumos agrícolas, que contribuem na reposição dos elementos que são retirados do solo devido às colheitas, com objetivo de aumentar sua fertilidade.

Em vista desse conceito geral, tem-se que os fertilizantes minerais são substâncias inorgânicas (desprovidas de carbono) que podem ser tanto naturais, como manufaturados. Por outro lado, os fertilizantes orgânicos, com origem natural, são formados de compostos orgânicos (possuem carbono) provenientes de fontes animais e vegetais (ALCARDE; GUIDOLIN; LOPES, 1998).

Por outro lado, o decreto 4.954 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2004), que regulamentou a lei 6.894 (BRASIL, 1980), descreve e diferencia vários tipos de fertilizantes, corretivos e inoculantes, conforme descritos no Quadro 1.

| <b>Denominações</b>                     | <b>Descrição</b>   |
|---|--|
| Fertilizante mineral                    | Produto de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico químico ou físico-químico, fornecedor de um ou mais nutrientes de plantas   |
| Fertilizante orgânico                   | Produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais   |
| Fertilizante mononutriente              | Produto que contém um só dos macronutrientes primários   |
| Fertilizante binário                    | Produto que contém dois macronutrientes primários  |
| Fertilizante ternário                   | Produto que contém os três macronutrientes primários   |
| Fertilizante com outros macronutrientes | Produto que contém os macronutrientes secundários, isoladamente ou em misturas destes, ou ainda com outros nutrientes  |
| Fertilizante com micronutrientes        | Produto que contém micronutrientes, isoladamente ou em misturas destes, ou com outros nutrientes   |
| Fertilizante mineral simples            | Produto formado, fundamentalmente, por um composto químico, contendo um ou mais nutrientes de plantas  |
| Fertilizante mineral misto              | Produto resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes minerais  |
| Fertilizante mineral complexo           | Produto formado de dois ou mais compostos químicos, resultante da reação química de seus componentes, contendo dois ou mais nutrientes   |
| Fertilizante orgânico simples           | Produto natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes de plantas   |
| Fertilizante orgânico misto             | Produto de natureza orgânica, resultante da mistura de dois ou mais fertilizantes orgânicos simples, contendo um ou mais nutrientes de plantas   |
| Fertilizante orgânico composto          | Produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas                      |
| Fertilizante organomineral              | Produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos   |
| Corretivo                               | Produto de natureza inorgânica, orgânica ou ambas, usado para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, isoladas ou cumulativamente, não tendo em conta seu valor como fertilizante, além de não produzir característica prejudicial ao solo e aos vegetais são subdivididos em corretivos de acidez, de alcalinidade de sodicidade e condicionador de solo |
| Inoculante                              | Produto que contém microorganismos com atuação favorável ao crescimento de plantas   |
| Biofertilizante                         | Produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante  |

**Quadro 1. Descrição dos diferentes tipos de fertilizantes, corretivos e inoculantes, descritos pela legislação brasileira**

Fonte: Adaptado de Brasil (2004, p.1 e 2).

Existem 17 elementos fundamentais para o crescimento dos vegetais, que de acordo com Reetz (2017) e Kronenberger e Albuquerque (2000) podem ser classificados em quatro categoriais que se encontram descritas no Quadro 2.

A cada ciclo de produção, as plantas retiram esses elementos do solo, causando sua escassez. Dessa forma, por meio da aplicação de fertilizantes, tais nutrientes devem ser repostos ao solo, quando seus teores não são suficientes para o desenvolvimento adequado das plantas, a fim de evitar a degradação do solo (CAMARGO, 2012).

| <b>Categorias</b>           | <b>Descrição</b>   |
|-----------------------------|--|
| Macronutrientes naturais    | Englobam o carbono (C), o oxigênio (O) e o hidrogênio (H), que são fornecidos pelo ar e pela água e formam 95% da matéria seca das plantas   |
| Macronutrientes primários   | Grupo formado pelo nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), conhecidos pela sigla NPK, são fornecidos pelo solo, porém necessitam de reposição na proporção de kg.ha <sup>-1</sup>  |
| Macronutrientes secundários | Composto pelo enxofre (S), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), sendo que estes são necessários em menor quantidade, mas ainda em kg.ha <sup>-1</sup>  |
| Micronutrientes             | Contém os elementos boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), molibdênio (Mo), cloro (Cl) e níquel (Ni), que agem como catalizadores no crescimento das culturas e são exigidos em baixa quantidade (g.ha <sup>-1</sup> ) |

**Quadro 2. Categorias dos nutrientes essenciais para o crescimento dos vegetais**

Fonte: Adaptado de Reetz (2017); Kronenberger e Albuquerque (2000) e Malavolta, Pimentel-Gomes e Alcarde (2000).

Reetz (2017, p. 21) descreve ainda, sobre a Lei do Mínimo, que aborda justamente a questão das quantidades adequadas de cada nutriente a serem aplicadas ao solo:

O agrônomo alemão, Carl Sprengel (1787-1859) foi o primeiro a publicar a Lei do Mínimo ao redor de 1837 que afirma que a produtividade da planta é proporcional à quantidade disponível do nutriente mais limitante, e, se essa deficiência for corrigida, a produtividade irá aumentar até o ponto do próximo nutriente mais limitante no solo. O químico alemão, Justus von Liebig (1803-1873) tem levado o crédito na promoção deste conceito, por desenvolver o primeiro fertilizante mineral a ser usado como parte de sistemas sustentáveis de produção agrícola.

Dessa forma, com a contribuição desses dois químicos, desenvolveu-se a Lei do Mínimo no século XIX, afirmando que o crescimento da planta seria limitado pelo nutriente mais escasso, sendo que mais tarde ilustrou-se este conceito com um barril, onde cada tábua representa um insumo essencial para o crescimento da cultura, em que a menor delas representa o nutriente limitante. No exemplo apresentado pela Figura 1 percebe-se que o mais limitante seria a água, seguida

pelo elemento nitrogênio, sendo que a limitação é alterada dependendo do tipo e natureza dos solos e da quantidade e frequência das adubações realizadas (KRÜGER, 2016).



Figura 1. Barril ilustrando a lei do mínimo (as tábuas representam os níveis de limitação oferecido pelos nutrientes necessários ao crescimento das plantas)  
 Fonte: Reetz (2017, p. 22).

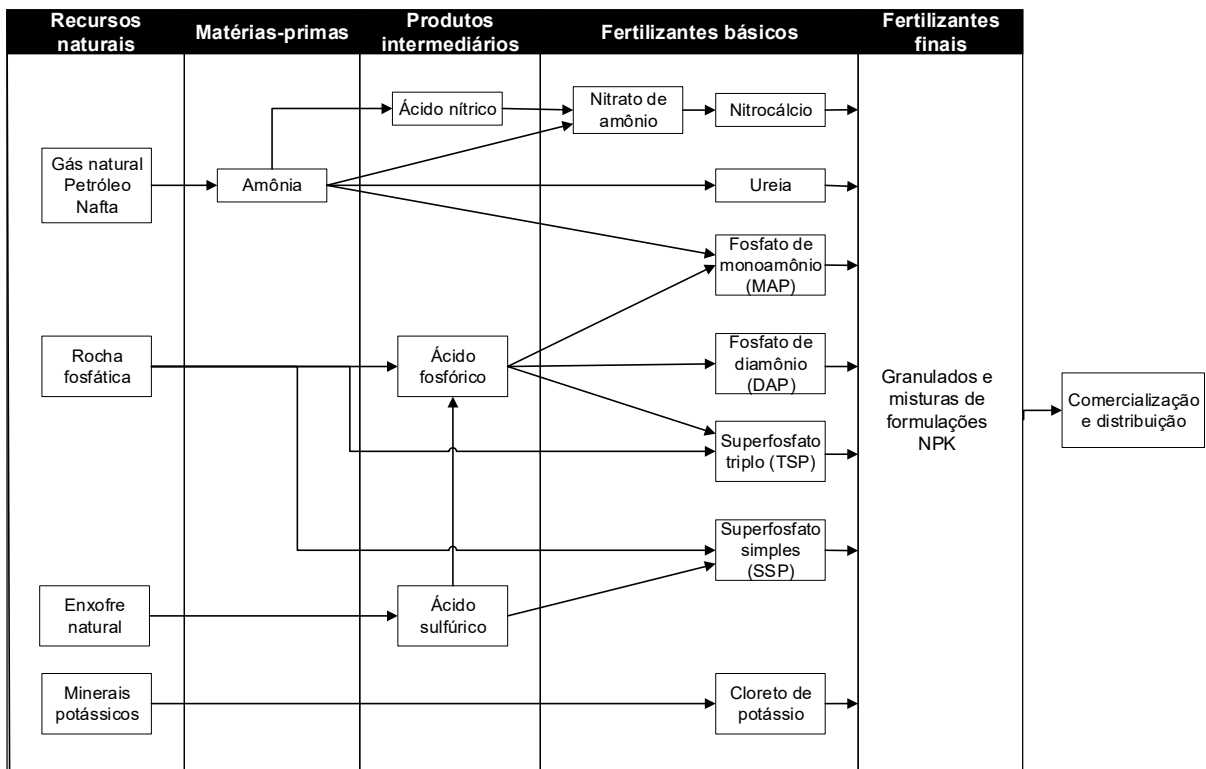
## 2.2 CADEIA PRODUTIVA DOS FERTILIZANTES

Para a indústria de fertilizantes, os macronutrientes primários (NPK) formam o grupo mais importante. O restante dos elementos, apesar de serem fundamentais em termos biológicos, não possuem valorização comercial expressiva, por serem empregados em baixas quantidades (DIAS; FERNANDES, 2006).

Na Figura 2 pode-se ver uma representação esquematizada da cadeia produtiva dos fertilizantes minerais, que envolve desde a extração da matéria prima até o agricultor, podendo ser decomposta em cinco etapas.

Segundo Costa e Silva (2012), o setor mineral é o responsável pela extração e fornecimento dos recursos naturais básicos para a produção dos

fertilizantes, que incluem o gás natural, o petróleo, a nafta, o enxofre e as rochas fosfática e potássica. Em seguida, na indústria de químicos inorgânicos, há a fabricação das matérias-primas e dos produtos intermediários a partir dos insumos obtidos na etapa anterior, como a amônia e os ácidos nítrico, fosfórico e sulfúrico. A próxima etapa abrange a indústria de fertilizantes propriamente dita, da qual resulta: nitrato de amônio, que forma o nitrocálcio; a ureia, o fosfato de monoamônio (MAP), fosfato de diamônio (DAP); superfosfato simples (SSP), superfosfato triplo (TSP) e o cloreto de potássio. Ao final da cadeia, com os processos de granulação e mistura dos compostos, originam-se os fertilizantes finais, que são comercializados e distribuídos para a utilização agrícola.



**Figura 2. Cadeia produtiva dos fertilizantes**

Fonte: Adaptado de Andrade (1995) e Dias e Fernandes (2006).

O nitrogênio é um nutriente considerado ilimitado, pois é retirado da atmosfera e convertido em amônia por meio do processo de síntese de Haber-Bosch. Por sua vez, a amônia é utilizada diretamente como fertilizante ou para produzir nitratos para adubos. A produção de fertilizante a partir do nitrogênio consome combustíveis fósseis e energia, devido a necessidade do gás natural, como fonte de hidrogênio, para fabricação da amônia. Além disso, o processo de

Haber-Bosh é realizado em alta temperatura e pressão usando grande quantidade de energia (KRÜGER, 2017). A localização das indústrias de fertilizantes a base de nitrogênio está ligada com a proximidade de fontes de gás natural, sendo este o fator que determina a geografia da produção (MALINGREAU; EVA; MAGGIO, 2012).

Em contrapartida, Krüger (2017) aponta que a única fonte dos fertilizantes fosfatados é a rocha fosfática, sendo esta, um recurso finito. A extração desse mineral está concentrada em países com alta demanda interna, como China e EUA, ou em regiões politicamente instáveis, fazendo com que haja uma grande preocupação quanto ao abastecimento. Ainda, de acordo com Malingreau, Eva e Maggio (2012), além da má distribuição das reservas de fósforo, outra preocupação está associada com os custos de extração, devido a contaminação do minério por metais pesados, que podem gerar riscos ao meio ambiente e a saúde.

Já as reservas de potássio são controladas por poucos países, principalmente o Canadá, a Rússia e a Bielorrússia, que dominam dois terços da produção mundial. Por outro lado, a oferta de potássio é crítica para alguns países como o Brasil, dificultando a garantia da autossuficiência alimentar e a ampliação da produção (MALINGREAU; EVA; MAGGIO, 2012). Além disso, 80 % da produção dos fertilizantes potássicos está nas mãos de apenas oito empresas, o que aumenta a possibilidade de formação de cartéis (D'ALTORIO, 2010).

Conforme Andrade (1995), o início da cadeia, que engloba a fabricação das matérias-primas básicas, é caracterizada pelo alto investimento e baixo retorno dos mesmos, o que explica o grande número de empresas estatais neste segmento no Brasil. Entretanto, no término da cadeia, nas atividades de formulação e distribuição dos fertilizantes, há uma maior concentração de empresas de pequeno porte, que lidam com a sazonalidade do setor, devido a fabricação continuada ao longo do ano e o consumo limitado em alguns meses em que ocorre o plantio.

### 2.3 MERCADO MUNDIAL DOS FERTILIZANTES

O setor de fertilizantes, em âmbito mundial, tem apresentado taxas de crescimento acelerado, tanto para a produção, quanto para o consumo. Segundo dados da FAO (2019), a produção de fertilizantes NPK, em 2016, alcançou a marca

de 214 milhões de toneladas aproximadamente, e de acordo com IFA (2018), considerando o período de 1965 a 2015, houve um aumento de 342,05 % na produção de fertilizantes no mundo.

Ainda conforme IFA (2018), em 2015, a China era a maior produtora de nutrientes NPK do mundo, dominando 29,92 % da produção, seguida pela Rússia, Índia, Canadá e Estados Unidos com 9,24 %, 8,27 %, 7,71 % e 7,65 % respectivamente, sendo que apenas esses países representam 63,5 % da produção mundial.

A Figura 3, apresenta um panorama geral entre os anos de 2010 e 2016, considerando-se o consumo de fertilizantes NPK para o uso agrícola nos continentes.

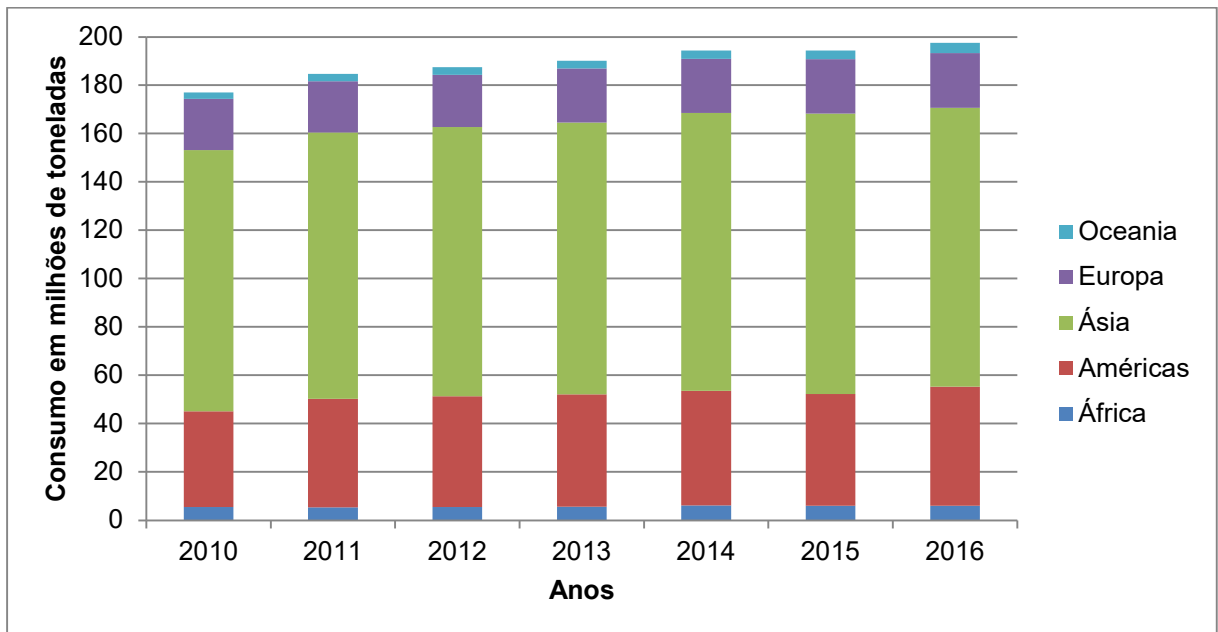


Figura 3. Gráfico do consumo de fertilizantes NPK para uso agrícola por região mundial entre 2010 a 2016

Fonte: Adaptado de dados da FAO (2019).

De acordo com a FAO (2019), no ano de 2016 o consumo de nutrientes primários para uso agrícola foi de cerca de 198 milhões de toneladas, indicando um crescimento de 21,8 % no período 2006-2016, o que equivale a um aumento anual de aproximadamente 2 %. Deste total, a demanda é concentrada em fertilizantes nitrogenados, com 55,8 % de consumo para uso agrícola, sendo que os fertilizantes potássicos e fosfatados respondem a uma porcentagem de 25 % e 19,6 % do consumo mundial, respectivamente.



Os maiores consumidores de fertilizantes no ano de 2015 foram: China (27,76 %), Índia (14,53 %) e Estados Unidos (11,54 %) (IFA, 2018). Em contrapartida, segundo Cella e Rossi (2010), o consumo de nutrientes nesses países tende a estagnar, devido aos mesmos não possuírem áreas para a expansão da agricultura, o que difere de países Africanos e Sul-americanos que vêm ampliando suas áreas agricultáveis.

A demanda por fertilizantes é extremamente dependente do setor agrícola (FERNANDES; GUIMARÃES; METHEUS, 2009), dessa forma não é possível analisá-la de forma isolada.

Em vista disso, observou-se que em dez anos (2006-2016), a área plantada de cereais no mundo apresentou um crescimento de 5,26 %, de cerca de 682 milhões para 718 milhões de hectares aproximadamente, sendo que para a produção houve um aumento mais significativo neste mesmo período de 26,29 %. Além disso, o uso de fertilizantes por hectare, considerando cultivos em geral, passou de 105,06 kg.ha<sup>-1</sup> para 122,84 kg.ha<sup>-1</sup> (FAO, 2019).

A Figura 4 demonstra o crescimento da área plantada e da produção de cereais em termos mundiais, além do consumo de fertilizantes.

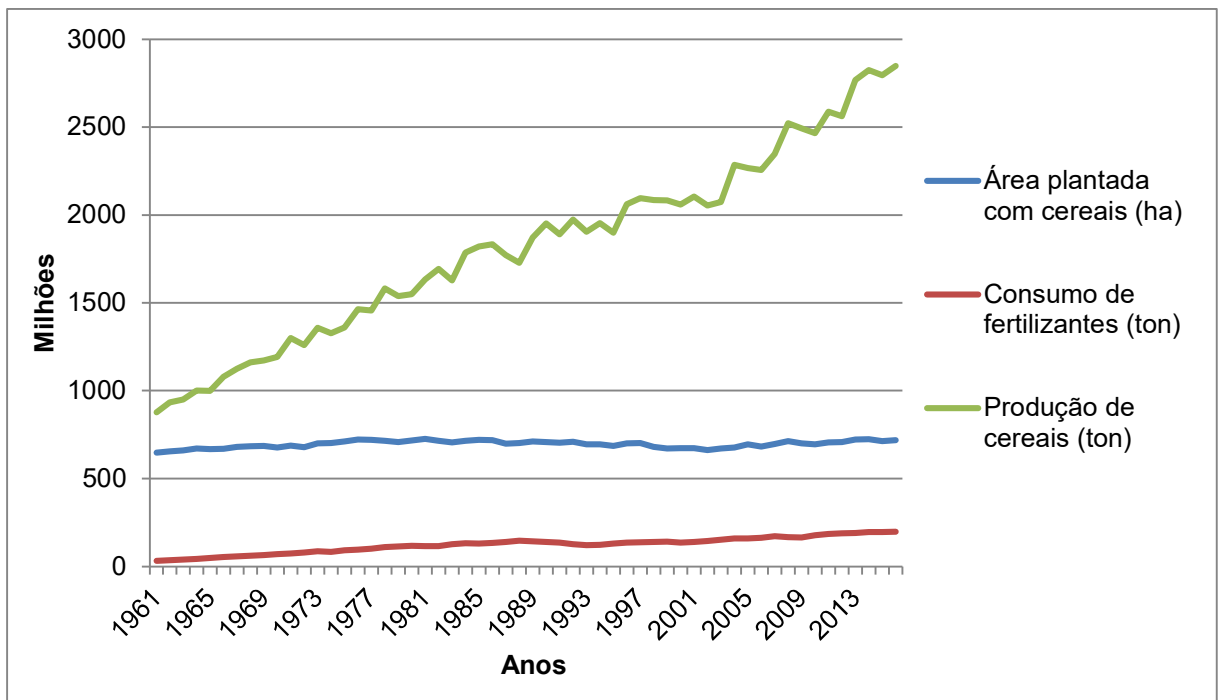


Figura 4. Gráfico da área plantada, produção de cereais e consumo de fertilizantes NPK no mundo para os anos de 1961 a 2016

Fonte: Adaptado de dados da FAO (2019).

Nota-se que, no período de 1961 a 2016, o crescimento da produção de grãos não foi acompanhado pelo aumento da área plantada e do consumo de fertilizantes. Nesse sentido, Galvão *et al.* (2014) destaca algumas práticas que favorecem o aumento da produtividade, como o melhoramento genético dos cultivares, a melhoria do manejo do solo, a semeadura, o controle de pragas e doenças, a adubação, além do armazenamento adequado dos grãos.

A Figura 5 mostra o consumo mundial de fertilizantes por nutriente para o uso agrícola dentre os anos de 2010 e 2016.

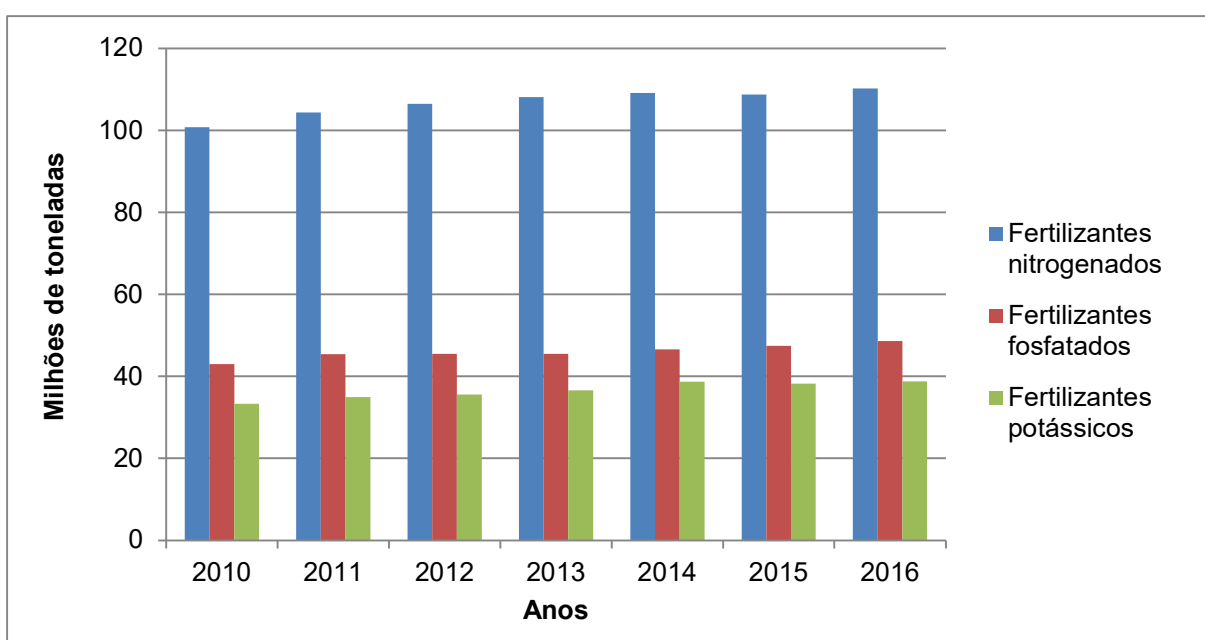


Figura 5. Gráfico do consumo mundial de fertilizantes NPK para os anos de 2010 a 2016  
Fonte: Adaptado de dados da FAO (2019).

A Tabela 1 apresenta os maiores consumidores mundiais de fertilizantes NPK no ano de 2016. Observa-se que apenas China, Índia, EUA e Brasil representam quase metade do consumo mundial de fertilizantes.

Tabela 1. Maiores consumidores mundiais de fertilizantes NPK em 2016

|           | N       | P       | K       | NPK     |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| China     | 21,75 % | 24,53 % | 26,34 % | 72,61 % |
| Índia     | 11,89 % | 10,42 % | 4,77 %  | 27,08 % |
| EUA       | 8,55 %  | 6,64 %  | 9,11 %  | 24,30 % |
| Brasil    | 3,10 %  | 7,73 %  | 10,89 % | 21,73 % |
| Sub total | 45,29 % | 49,32 % | 51,11 % | 47,48 % |
| Outros    | 33,07 % | 26,36 % | 22,78 % | 82,21 % |

Fonte: Adaptado de Tavares e Haberli Júnior (2011), com base em dados da FAO (2019).

Para os fertilizantes nitrogenados haviam, no total, 73 países produtores no ano de 2016, sendo que a China, acompanhada da Índia, Rússia, EUA e Canadá representam os maiores produtores mundiais, constituindo cerca de 50 % da produção e uma quantidade fabricada de quase 72 milhões de toneladas neste mesmo ano. Entretanto os maiores consumidores de nitrogênio para uso agrícola são: China, Índia, EUA, Brasil e Paquistão respectivamente (FAO, 2019).

Ainda conforme FAO (2019), em 2016, existiam 62 países produtores de fertilizantes fosfatados, liderados pela China, com 25,59 %, seguida dos EUA (11,49 %), Índia (6,67 %), Rússia (5,24 %) e Marrocos (2,85 %). Em relação ao consumo desse nutriente novamente aparecem os mesmos países como maiores consumidores: China, Índia, Brasil, EUA e Paquistão.

A produção total de fertilizantes potássicos no mundo em 2016 foi de 46 milhões de toneladas aproximadamente, visto que o número de produtores é reduzido em comparação com os fertilizantes nitrogenados e fosfatados, atingindo neste mesmo ano a marca de 26 países fabricantes. Os maiores produtores desse adubo são representados pelo Canadá, Rússia, Bielorrússia, China e Alemanha e, por outro lado, os maiores consumidores são: China, Brasil, EUA, Índia e Indonésia. Além disso, o consumo total de fertilizantes potássicos foi de cerca de 52 milhões de toneladas, havendo um déficit entre produção e consumo no ano de 2016 (FAO, 2019).

## 2.4 MERCADO NACIONAL DOS FERTILIZANTES

Um dos maiores fatores que influenciam a produtividade da agricultura no Brasil e no mundo é o uso de fertilizantes químicos (COSTA; SILVA, 2012). De acordo com a FAO (2019), no período entre 2006 e 2016, houve uma queda de 14,52 % na produção de fertilizantes NPK no país, por outro lado, nesses 10 anos, o consumo para uso agrícola cresceu rapidamente a uma taxa de 7,47 % ao ano, de cerca de 8,6 milhões para 15 milhões de toneladas. Segundo a FAO (2019), no ano de 2016, o Brasil ocupou a quarta posição no consumo de nutrientes minerais com 7,63 % do total consumido no mundo. Desde total, 38,01 % representa o consumo

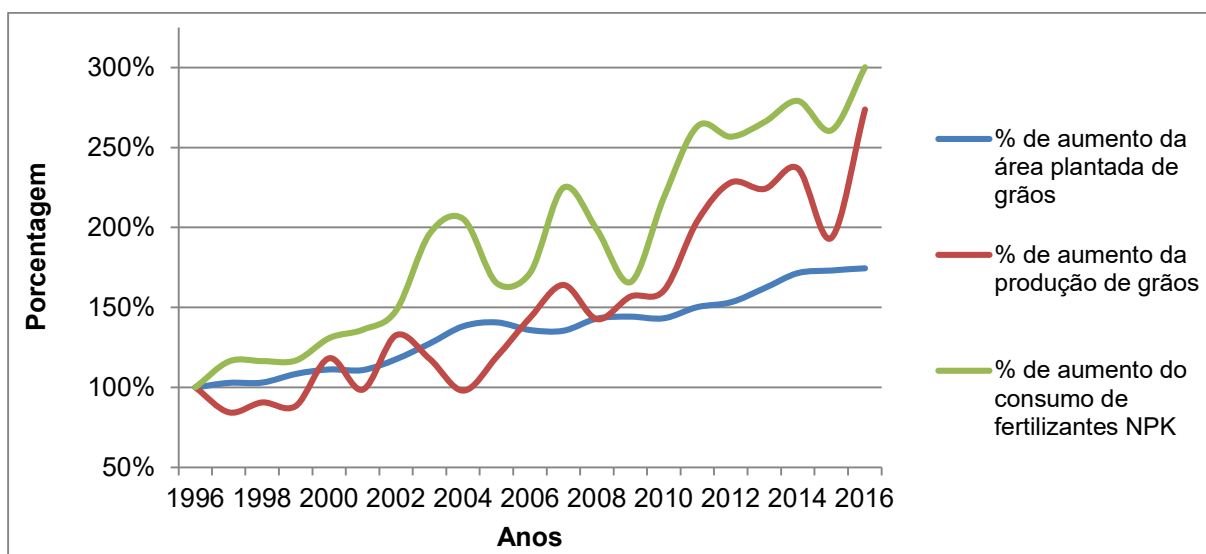
de adubos potássicos, 33,01 % de fosfatados e 28,98 % de fertilizantes nitrogenados no país.

Por sua vez, esse aumento do uso de fertilizantes no país contribuiu, em parte, para o significativo aumento de 90 % da produção de grãos no mesmo período (FAO, 2019; EMBRAPA, 2018).

A produção brasileira de fertilizantes é historicamente inferior ao consumo interno, além de não apresentar taxas de aumento similares ao da demanda (EMBRAPA, 2018). Por esta razão, segundo a FAO (2019), a dependência de importação de adubos cresceu em 114 % entre 2006 e 2016, a uma taxa de 11,4 % a.a., visto que, conforme Embrapa (2018), a privatização de indústrias estatais fabricantes de fertilizantes e a isenção de impostos para produtos importados contribuiu para a queda da produção no país.

Para atender a demanda interna por adubos no ano de 2016, o país importou 89,77 % de fertilizantes nitrogenados, 65,08 % do fósforo e 94,24 % do potássio utilizado na agricultura brasileira, sendo que, acrescentando esses valores à produção nacional, não foi possível atender 100 % do consumo de nutrientes fosfatados e potássicos, havendo uma falta de 4,10 % e 0,71 % respectivamente, sem considerar o estoque nacional (FAO, 2019).

A Figura 6 apresenta o avanço da produção de grãos, em contraste com a área plantada, que permaneceu sem grandes variações, e aumento do consumo de nutrientes primários, no período 1996 a 2016 (IBGE, 2019; FAO, 2019).



**Figura 6. Gráfico da variação do consumo de fertilizantes NPK, produção e área plantada de grãos, cana-de-açúcar e algodão no Brasil entre 1996 a 2016 (1996 = 100 %)**  
 Fonte: Adaptado de dados do IBGE (2019) e FAO (2019).

No Brasil, a indústria de fertilizantes iniciou a partir das fases finais de fabricação, como a mistura, granulação, armazenagem e distribuição, utilizando-se de matérias-primas intermediárias importadas. Dessa forma, pode-se afirmar que o setor brasileiro de fertilizantes teve um desenvolvimento contrário, partindo dos produtos acabados para a extração e produção de matérias-primas (KRONENBERGER; ALBUQUERQUE, 2000).

## 2.5 PREVISÃO

Toda tomada de decisão abrange um conjunto de informações, sobre as quais o problema será analisado. Nesse sentido, para o caso da existência de dados bem definidos, geralmente numéricos, utiliza-se de modelos matemáticos para descrever o problema de decisão. Dessa forma, o processo de transformação de dados por meio de um modelo matemático é chamado de modelagem, sendo que essas abordagens quantitativas referentes a tomada de decisão são englobadas no campo da Pesquisa Operacional. Nesta área, existem diversas formas de modelagem matemática, na qual, considera-se a previsão como um dos principais métodos (MOREIRA, 2011).

As organizações, de alguma forma, traçam um caminho prévio que normalmente é feito por meio de previsões. De acordo com Peinado e Graeml (2007), isso ocorre devido ao fato de que os processos produtivos não fornecem resposta imediata à demanda, e como consequência, as empresas não podem iniciar a produção somente quando o cliente solicitar o produto. Dessa forma, a produção deve ser acionada antes mesmo de haver total conhecimento das quantidades requeridas.

Por isso da importância da previsão para o planejamento adequado dos sistemas de produção, baseada na antecipação do futuro (TUBINO, 2009), tendo em vista que a incerteza dos fenômenos temporais não permite o conhecimento exato deste (CAIADO, 2016).

Nesse contexto, segundo Martins e Laugeni (2015), a previsão é uma metodologia fundamentada em modelos matemáticos, estatísticos, econométricos ou em modelos subjetivos para a determinação de dados futuros. Por sua vez,

Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) definem previsão como um prognóstico de ocorrências futuras, utilizado para fins de planejamento.

A projeção é realizada modelando-se matematicamente os dados do passado, ou seja, procurando representar o comportamento por meio de expressões matemáticas e utilizando essas mesmas equações para prevê-los no futuro (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2010).

Apesar da variedade de métodos existentes para geração de previsões, estes apresentam algumas características comuns, entre as quais pode-se citar a repetição do comportamento do passado, como base para o comportamento no futuro, em que as causas anteriores, continuam presentes no futuro. Além disso, os métodos de previsão nunca determinam resultados perfeitos, sendo que quanto maior o horizonte de tempo projetado, menor a precisão do método (MOREIRA, 2011).

Com base nesse raciocínio, é possível afirmar que a escolha de um método apropriado contribui para um planejamento mais assertivo das organizações, e como consequência, para um melhor atendimento do mercado. Sendo assim, segundo Lustosa *et al.* (2008), a capacidade de prever adequadamente também trará impactos positivos no âmbito econômico da empresa.

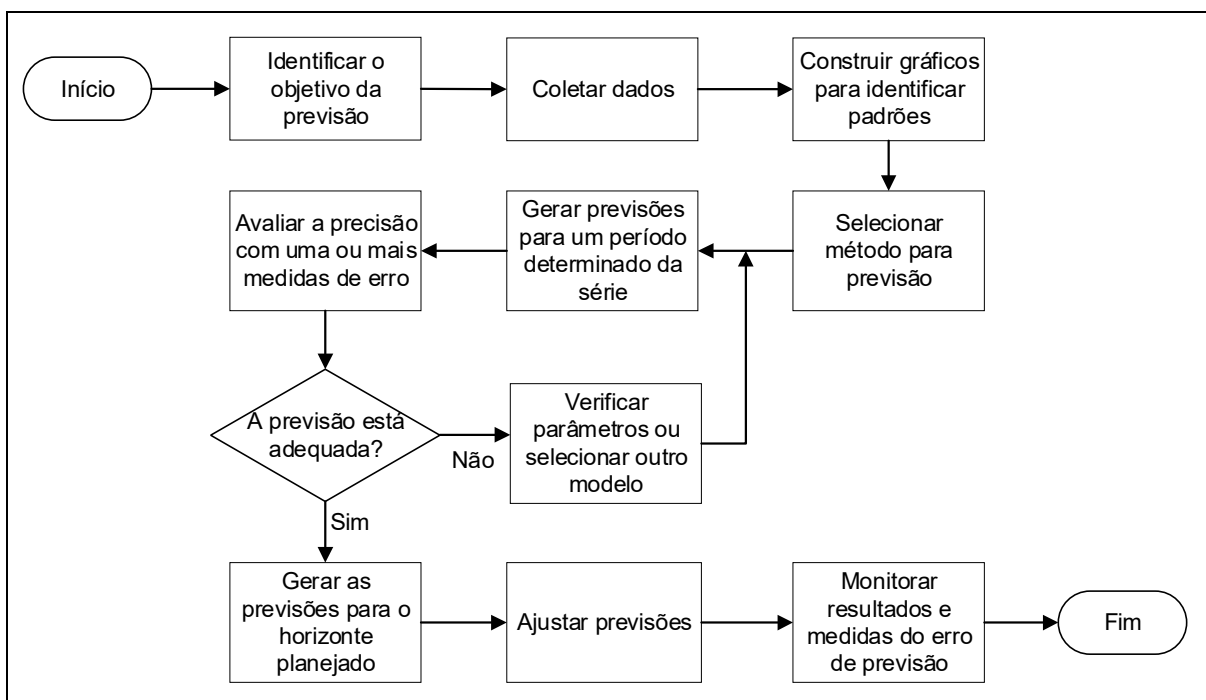
### 2.5.1 Processo de Previsão

Diversos autores do campo de planejamento e controle da produção definem as etapas para o processo de previsão; entretanto, todos eles apresentam aspectos comuns (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010). A Figura 7, apresenta um fluxograma que descreve esse processo.

O primeiro passo, conforme Chopra e Meindl (2011), consiste em identificar o objetivo da previsão, ou seja, definir claramente quais decisões terão como base os resultados da mesma. Entretanto, Fernandes e Godinho Filho (2009) citam outros fatores importantes a serem definidos nesta fase, como o nível de precisão e o grau de detalhe da previsão (mensal, semanal, etc.), além do horizonte de planejamento necessário (longo, médio ou curto prazo).

A etapa seguinte incide na coleta de informações, que segundo Lustosa *et al.* (2008), abrange dados históricos e demais informações passadas e futuras que possam influenciar no comportamento da previsão. Após isso, é necessário realizar uma análise dos dados, no intuito de identificar padrões, além do método de previsão que melhor se adapta ao caso (TUBINO, 2009; LUSTOSA *et al.*, 2008).

O quarto passo envolve a seleção de uma abordagem de previsão, ou seja, verificar qual a mais apropriada. Segundo Moreira (2011), as previsões podem ser classificadas como qualitativas e quantitativas, descritas no item 4.5.2.



**Figura 7. Fluxograma do processo de previsão**

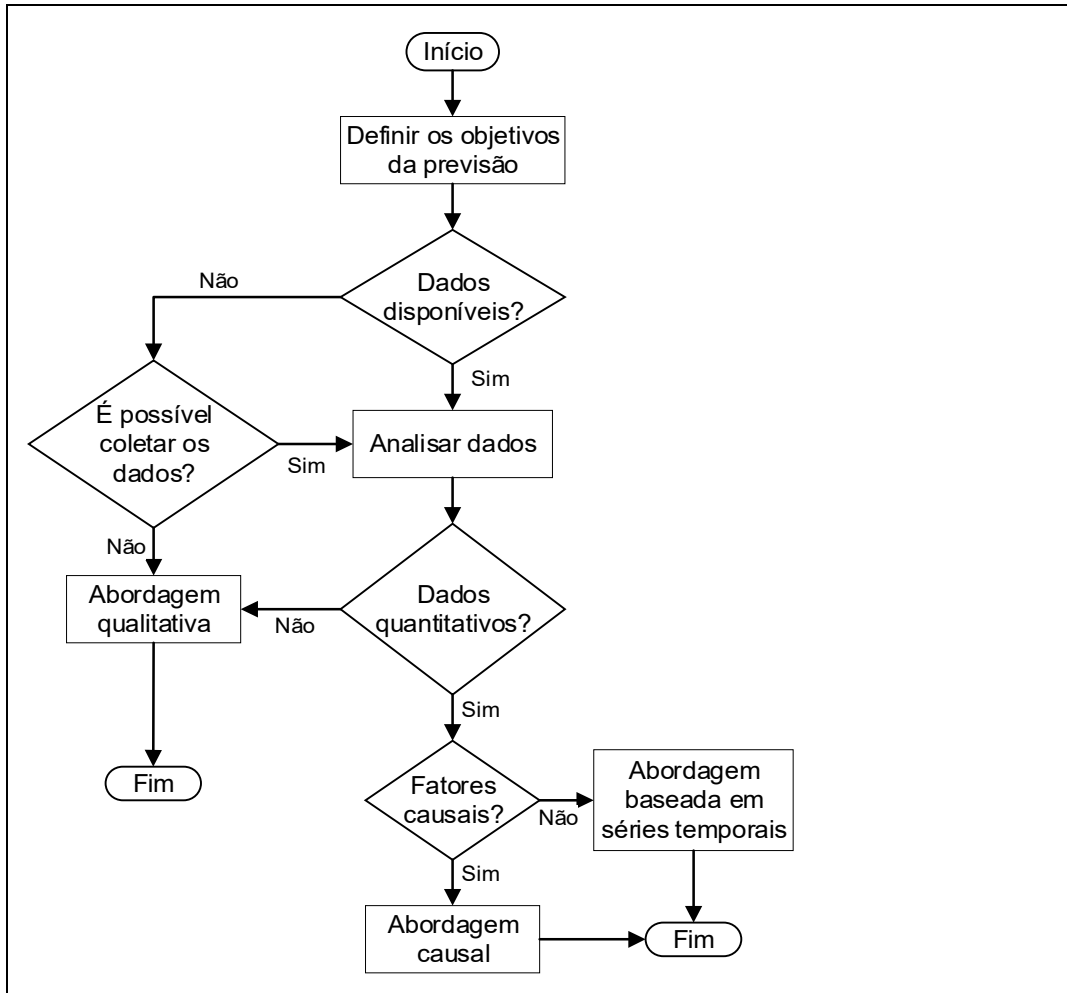
Fonte: Adaptado Russell e Taylor (2006) apud Lustosa *et al.* (2008).

A Figura 8 ilustra o procedimento de seleção da abordagem de previsão, segundo Fernandes e Godinho Filho (2010).

Uma vez escolhida a abordagem é necessário realizar a escolha do método de previsão em si e a estimação de parâmetros (para dados quantitativos) que forneçam o menor erro comparando-se com os valores reais (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

A próxima fase, após a escolha e a geração da previsão, consiste na realização de testes para analisar a confiabilidade da mesma, por meio de indicadores de erros (LUSTOSA *et al.*, 2008), apresentados no item 2.7.1. Dessa forma, conforme as previsões são alcançadas pelo valor real, é importante monitorar

o erro entre este valor e o projetado, para averiguar se o método e os parâmetros utilizados são adequados (TUBINO, 2009).



**Figura 8. Fluxograma do processo de seleção da abordagem da previsão**  
**Fonte: Adaptado de Sipper e Bulfin (1997) apud Fernandes e Godinho Filho (2010).**

### 2.5.2 Métodos de Previsão

Conforme descrito anteriormente, as previsões podem ser classificadas, quanto ao tipo de abordagem, em qualitativas e quantitativas. Uma breve descrição de tais abordagens, de acordo com Moreira (2011) e Fernandes e Godinho Filho (2010), está presente no Quadro 3.

Para os modelos quantitativos são necessários longos históricos de dados para que se possam encontrar padrões de comportamento. Dessa forma, tais



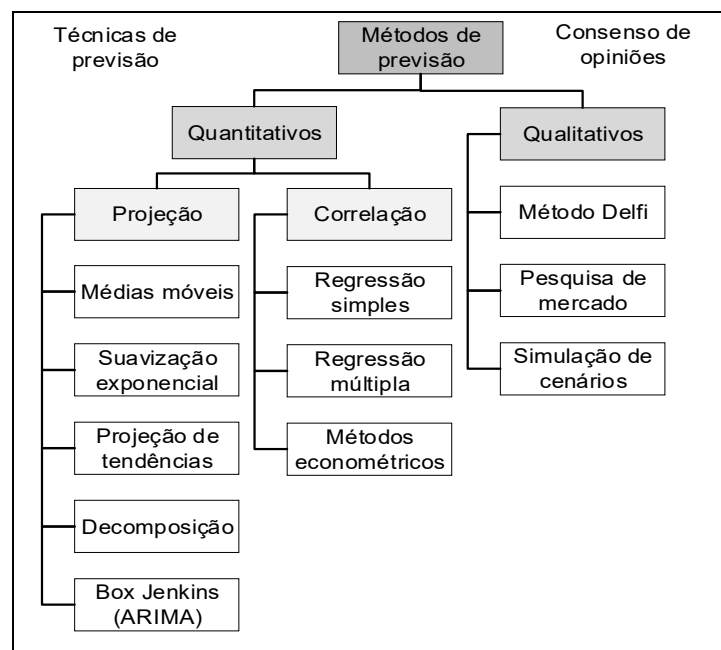
modelos são mais interessantes para fazer previsões de demanda de produtos que estejam há mais tempo no mercado, por exemplo. Por outro lado, os modelos qualitativos são úteis para previsões de demanda de produtos novos, onde não se tem o acesso a dados quantitativos. Outro fator importante, trata-se do horizonte da previsão, sendo que para horizontes maiores menos precisa será a projeção, ou seja, os modelos quantitativos tendem a ser mais adequados para previsões de curto prazo (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

| Abordagem    | Descrição   |
|--------------|---|
| Qualitativa  | Métodos de caráter subjetivo, que baseiam-se na avaliação de pessoas que possuem conhecimento para opinar sobre os valores futuros. Não amparam-se em modelos específicos e são muito úteis nos casos de ausência de dados históricos, como em lançamentos de novos produtos, ou quando estes são qualitativos. Exemplos: método Delphi e pesquisa de mercado.              |
| Quantitativa | Utilizam-se de modelos matemáticos para geração das projeções, além de permitirem o controle de erros, que exigem dados numéricos preliminares. Essa abordagem subdividem-se em métodos causais, embasados na relação entre variáveis, e métodos fundamentados em séries temporais, que pressupõem que o futuro é uma repetição do passado (métodos descritos na seção 4.6) |

**Quadro 3. Descrição das abordagens de previsão**

Fonte: Adaptado de Moreira (2011) e Fernandes e Godinho Filho (2010).

Dentro de cada uma das abordagens existem vários métodos de previsão (LUSTOSA *et al.*, 2008). A Figura 9 apresenta a classificação das abordagens, bem como os métodos presentes em cada uma delas.



**Figura 9. Métodos de previsão de demanda**

Fonte: Adaptado de Lustosa *et al.* (2008).

## 2.6 MODELOS QUANTITATIVOS

Para este trabalho considerou-se apenas a abordagem quantitativa para a previsão, que se divide em métodos de projeção (séries temporais) e métodos de correlação (causais), que serão apresentados nas próximas seções.

### 2.6.1 Métodos Causais

Os métodos causais, também denominados de modelos de correlação e regressão, são utilizados quando a variável a ser prevista, dita dependente, está correlacionada com um ou mais fatores, chamadas de variáveis causais ou independentes. A população e o PNB (Produto Nacional Bruto) são exemplos de variáveis causais, sendo que estas são escolhidas de acordo com a associação lógica com a variável a ser prevista (MOREIRA, 2011).

Um exemplo prático seria analisar a relação entre gastos publicitários e quantidade de vendas, em que poderia prever-se o número de vendas de acordo com determinado gasto com uma propaganda ou então, prever a utilização de energia elétrica de um local relacionado com sua temperatura diária (ANDERSON; SWEENEY; WILLIAMS, 2011).

Dessa forma é possível determinar a previsão da variável dependente a partir do conhecimento dos valores das variáveis independentes (LUSTOSA *et al.*, 2008).

Conforme Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), essas relações são descritas matematicamente através de equações e dessa forma, são úteis na elaboração de previsões de longo alcance.

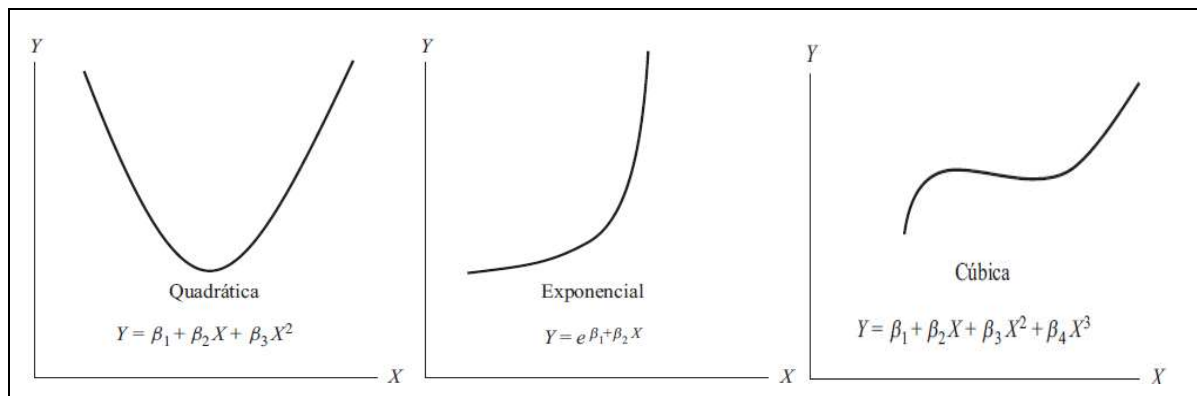
Os métodos causais são classificados em dois grupos principais: a regressão simples e a regressão múltipla; conforme o número de variáveis independentes correlatas, que estão descritos nos próximos itens.

### 2.6.1.1 Regressão simples

De acordo com Moreira (2011), a regressão simples é aquela que relaciona a variável de estudo com apenas uma variável causal e, tem como objetivo, descrever um modelo matemático na forma da Equação (1):

$$Y = f(X) \quad (1)$$

onde  $Y$  é a variável dependente e  $X$  a variável independente. Este modelo pode apresentar várias formas, como por exemplo: regressão linear, regressão exponencial, regressão parabólica ou quadrática e regressão cúbica, sendo estas últimas representadas na Figura 10. Entretanto a forma mais utilizada é a regressão linear simples, que será o foco desta seção.



**Figura 10. Gráficos representativos de regressões**  
**Fonte: Gujarati e Porter (2011).**

O modelo de regressão linear simples pode ser aplicado em séries temporais que apresentam apenas tendência, utilizando a teoria dos mínimos quadrados para determinar uma equação de reta que melhor representa os valores anteriores, em que a somatória das distâncias entre cada valor e a reta são minimizados (PEINALDO; GRAEML, 2007). Por meio desta equação os valores posteriores podem ser previstos.

Sendo assim, de acordo com Anderson, Sweeney e Williams (2011), neste método a função a ser determinada é apresentada pela Equação (2):

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X + \epsilon \quad (2)$$

em que  $\beta_1$  refere-se a intersecção no eixo dos  $Y$ , e  $\beta_2$  consiste no coeficiente angular da reta, sendo que, conforme Barbetta, Reis e Bornia (2010), seus valores podem ser calculados por meio do método dos mínimos quadrados, constituído pelas Equações (3) e (4):

$$\beta_2 = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \quad (3)$$

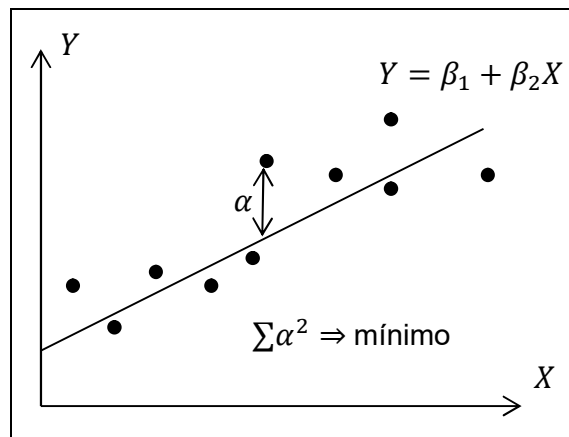
$$\beta_1 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - \beta_2 \sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (4)$$

Em que:

$n$  = número de pares  $X_i Y_i$ ;

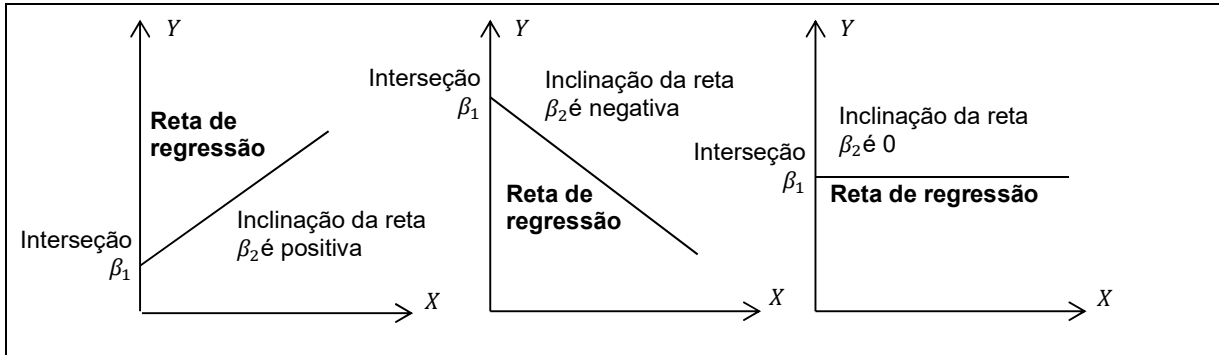
$i$  = índice das variáveis.

Esta situação é demonstrada na Figura 11.



**Figura 11. Reta de mínimos quadrados**  
Fonte: Adaptado de Tubino (2009).

A Figura 12 apresenta as possíveis retas que se pode obter a partir da regressão linear simples de acordo com sua inclinação. A reta pode apresentar inclinação positiva, possuindo uma forma crescente; inclinação negativa, sendo decrescente e inclinação nula, mantendo-se constante.



**Figura 12. Retas possíveis na regressão linear simples**  
 Fonte: Adaptado de Anderson, Sweeney, Williams (2011).

Ainda, segundo Martins e Laugeni (2005), para verificar o nível de ajuste entre as variáveis  $X$  e  $Y$  calcula-se coeficiente de correlação  $r$  por meio da Equação (5):

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2}} \quad (5)$$

Esse valor mede a direção e a força da interação entre as variáveis e varia de -1 a +1. Quanto mais próximo o valor de  $r$  de +1, mais forte é a correlação positiva (variáveis diretamente proporcionais), por outro lado, quanto mais próximo o valor de  $r$  de -1, indica que mais forte é correlação negativa entre as variáveis, sendo estas inversamente proporcionais. Entretanto, quanto mais o valor de  $r$  se aproxima de zero, mais fraca é a correlação (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

Portanto, para se ter uma boa correlação, o valor de  $r$  deve ser de no mínimo  $\pm 0,7$  (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Outra forma de avaliar a qualidade do ajuste é utilizando o coeficiente de determinação ( $r^2$ ), que é interpretado como a razão da variação de  $Y$  explicada por  $X$  e é definido por Wooldridge (2016) pela Equação (6):

$$r^2 = \frac{SQE}{SQT} = 1 - \frac{SQR}{SQT} \quad (6)$$

Em que:

SQE = soma do quadrado dos erros;

SQT = soma dos quadrados totais;

SQR = soma do quadrado dos resíduos.

Segundo o mesmo autor, o coeficiente de determinação também pode ser obtido elevando-se o coeficiente de correlação ( $r$ ) ao quadrado, por isso é chamado de  $r$ -quadrado. O valor desse coeficiente sempre está entre 0 e 1. No caso de  $r^2 = 1$ , o ajuste dos dados é perfeito, enquanto um  $r^2$  próximo de zero indica um ajuste ruim, em que pouco da variação de  $Y$  é explicada pela variação de  $X$ .

### 2.6.1.2 Regressão múltipla

Na maioria das vezes uma variável dependente ( $Y$ ) não está ligada apenas a uma variável independente, mas a várias delas ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ). Nesse sentido, na análise de regressão múltipla busca-se estabelecer uma relação entre as variáveis, por meio de um modelo estatístico-matemático, com o objetivo de conhecer o efeito de cada variável independente e prever a variável dependente (BARBETTA; REIS; BORNIA, 2010).

O Quadro 4 apresenta alguns exemplos de uso da regressão múltipla.

| Variável dependente ( $Y$ )              | Variáveis independentes ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ )  |
|--|---|
| $Y =$ Consumo (R\$)                      | $X_1 =$ Renda (R\$)<br>$X_2 =$ Poupança (R\$)<br>$X_3 =$ Taxa de juros (%)  |
| $Y =$ Preço de um imóvel novo            | $X_1 =$ Área construída ( $m^2$ )<br>$X_2 =$ Custo do $m^2$ (R\$)<br>$X_3 =$ Localização  |
| $Y =$ Valor de revenda de carro seminovo | $X_1 =$ Valor do modelo novo (R\$)<br>$X_2 =$ Quilometragem<br>$X_3 =$ Idade do veículo (anos)<br>$X_4 =$ Estado de conservação |

**Quadro 4. Exemplos de aplicação de regressão múltipla**

Fonte: Adaptado de Barbetta, Reis e Bornia (2010).

Para o caso de regressão múltipla linear, segundo Montgomery e Runger (2018), pode ser descrita pela Equação (7):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon \quad (7)$$

Nesta equação,  $\beta_0$  é denominado intercepto,  $\beta_1$  representa a variação de  $Y$  em relação a  $X_1$ , mantendo fixos as outras variáveis independentes, sendo que, para os demais coeficientes, segue-se essa mesma lógica (WOOLDRIDGE, 2016).

Os coeficientes  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$ , do mesmo modo que na regressão simples, podem ser estimados pelo método dos mínimos quadrados, que segundo Anderson, Sweeney e Williams (2011), possui a função de minimizar a distância em linha reta entre as variáveis dependente e independente.

De acordo com Montgomery e Runger (2018) a Equação (8), representa o método dos mínimos quadrados para o caso de regressão múltipla.

$$\text{mín} \sum_{i=1}^n \epsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n \left( Y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ij} \right) \quad (8)$$

O uso da estimação dos parâmetros por meio dos mínimos quadrados gera um sistema de equações, que pode ser facilmente resolvido com auxílio de *softwares* computacionais (MOREIRA, 2011).

Para a análise do modelo de regressão múltipla também costuma-se usar o coeficiente de determinação ( $r^2$ ). Assim, da mesma forma que o  $r^2$  para regressões simples, o coeficiente de determinação múltiplo ( $R^2$ ) avalia a proporção de variação da variável dependente em relação as variáveis independentes, avaliando a qualidade do ajuste. Entretanto, o  $R^2$  apresenta um resultado indesejável, sendo que conforme o número de variáveis independentes aumenta, o valor de  $R^2$  cresce e nunca diminui, tendendo a oferecer uma superestimação do ajuste (GUJARATI; PORTER, 2011; ROSSI; NEVES, 2014).

Dessa forma, ainda segundo os mesmos autores, é possível modificar o coeficiente de determinação para que não aumente ao incluir novos regressores no modelo. Este coeficiente chama-se coeficiente de determinação ajustado ( $\bar{R}^2$ ).

Segundo Sartoris (2013), esse valor é dado pela Equação (9):

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{SQR/(n - k)}{SQT/(n - 1)} \quad (9)$$

Em que:

$\bar{R}^2$  = coeficiente de determinação ajustado;

SQR = soma do quadrado dos resíduos;

SQT = soma dos quadrados totais;

$n$  = número de observações;

$k$  = número de regressores.

Outro fator que deve-se observar para a análise do modelo de regressão linear múltipla é o efeito da multicolinearidade, que pode prejudicar a estimação dos parâmetros de uma regressão. Esta pode ser definida como a correlação existente entre as variáveis independentes, sendo que pode ser um potencial problema se o valor do coeficiente de correlação ultrapassar 0,7 em qualquer uma das variáveis independentes (ANDERSON; SWEENEY; WILLIAMS, 2011).

Montgomery, Pleck e Vining (2012) citam quatro causas da multicolinearidade: o método de coleta de dados, as restrições ao modelo ou a população, a especificação do modelo e um modelo superdefinido.

Uma multicolinearidade alta pode causar algumas consequências como: as estimativas dos parâmetros podem possuir erros grandes, tornando difícil a detecção da influência de variáveis importantes para o modelo; possibilidade de eliminação de variáveis do modelo, que podem ser importantes, pois seus coeficientes não se mostraram diferentes de zero; além da variação muito grande das estimativas dos coeficientes com a adição de variáveis ao modelo (HOFFMANN, 2016). Conforme Montgomery, Peck e Vining (2012) a presença de multicolinearidade gera equações de previsão notoriamente fracas, além dos valores dos coeficientes de regressão serem muito sensíveis aos dados da amostra coletada.

Conforme Gujarati e Porter (2011), para avaliar a multicolinearidade de um modelo pode-se utilizar o cálculo do FIV (fator de inflação da variância), apresentada pela Equação (10).

$$FIV_j = (1 - r_j^2)^{-1} \quad (10)$$

Em que:

FIV<sub>j</sub> = fator de inflação da variância;



$r_j^2$  = coeficiente de determinação parcial de  $X_j$  em relação às demais variáveis;

$j$  = índice dos coeficiente da regressão ( $j = 1, 2, \dots$ );

O FIV mede, para cada termo no modelo, o efeito combinado das dependências entre os regressores na variância. Altos valores do FIV indicam multicolinearidade. Uma experiência prática indica que, se algum dos FIVs exceder 10, é uma indicação de que os coeficientes de regressão associados são mal estimados por causa da multicolinearidade (MONTGOMERY; PLECK; VINING, 2012).

### 2.6.2 Métodos Baseados em Séries Temporais

De acordo com Morettin e Tolo (2004), "uma série temporal é qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo", como por exemplo: valores mensais da temperatura de uma cidade, índices diários da Bolsa de Valores e precipitação anual de um determinado local.

Dessa forma, segundo Moreira (2011), a análise de séries temporais exige o conhecimento dos valores passados da variável estudada, distribuídos em intervalos de tempo iguais. De acordo com Lustosa *et al.* (2008), o tempo é a única variável que influencia no processo de previsão baseado em séries temporais, sendo que nesse caso, considera-se que o padrão observado no passado irá repetir-se no futuro e, fundamentado nessa premissa, gera-se novas previsões.

Esses métodos utilizam apenas os valores históricos das variáveis dependentes, ao contrário das previsões elaboradas a partir dos modelos de regressão, que fazem uso de variáveis independentes (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Conforme Tubino (2009), para estabelecer o modelo de previsão, é preciso construir um gráfico com os dados passados e buscar as características da curva obtida.

Nesse sentido, Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), afirmam existir cinco padrões básicos que caracterizam uma série temporal, descritos no Quadro 5.

| Padrão     | Descrição   |
|------------|---|
| Horizontal | Variação de dados ao redor de uma média constante refletindo um equilíbrio estável  |
| Tendencial | Aumento ou decréscimo da média das séries temporais ao longo do tempo   |
| Sazonal    | Padrão de aumento ou decréscimo dos valores repetidos em períodos curtos, como dias, semanas ou meses   |
| Cíclico    | Aumento ou decréscimo gradual em períodos mais longos, como anos ou décadas, influenciados pelos ciclos econômicos ou ciclo de vida, no caso da previsão de demanda |
| Aleatório  | Variação irregular dos dados, resultado de causas eventuais   |

**Quadro 5. Padrões existentes em uma série temporal**

Fonte: Adaptado de Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009).

Para ilustrar os comportamentos que podem ser observados em séries temporais, a Figura 13, apresentada por Spiegel (2009), demonstra padrões quanto a tendência, movimentos cíclicos e movimentos estacionais.

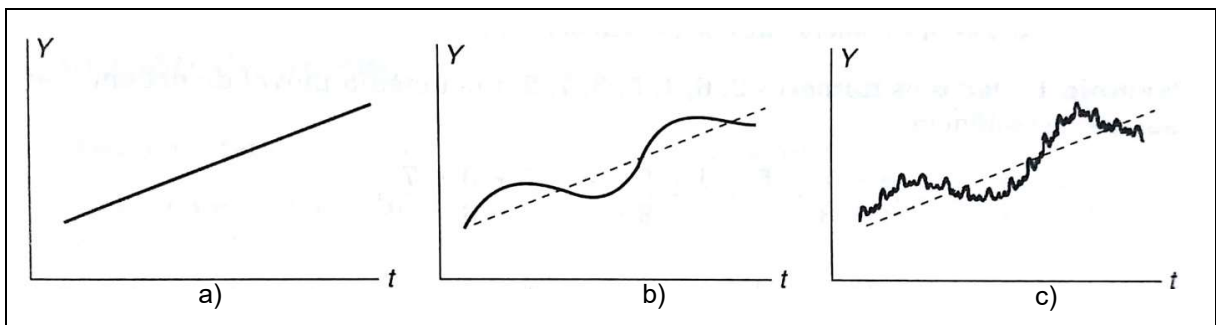


Figura 13. a) tendência de longo prazo, b) tendência a longo prazo e movimento cíclico, c) tendência a longo prazo, movimentos cíclicos e estacionais  
 Fonte: Spiegel (2009).

Nos próximos tópicos serão apresentados alguns modelos de previsões com base em séries temporais.

#### 2.6.2.1 Média móvel simples

O método de média móvel simples (MMS) estima a média de uma série temporal, removendo os efeitos da flutuação aleatória, sendo mais eficaz quando os dados não possuem tendências relevantes ou sazonalidade. Consiste em calcular a média para os  $n$  períodos de tempo mais recentes e utilizá-la como a previsão para

o período posterior (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). A mesma pode ser calculada a partir da Equação (11):

$$F_{t+1} = \frac{\text{soma dos últimos } n \text{ valores}}{n} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n+1}}{n} \quad (11)$$

Em que:

$D_t$  = valor no período  $t$ ;

$n$  = número de períodos;

$F_{t+1}$  = previsão para o período  $t + 1$ ;

$t$  = índice do período ( $t = 1, 2, \dots$ ).

A vantagem deste método incide em sua simplicidade de uso e de entendimento, porém recomenda-se a utilização de modelos de médias móveis em situações em que o comportamento dos dados seja estável e não haja tanta relevância na variável estudada (TUBINO, 2009).

#### 2.6.2.2 Suavização exponencial simples

O método de suavização exponencial simples (SES), da mesma forma que a média móvel simples, também utiliza  $n$  valores passados para compor a média, porém estes recebem pesos diferentes, em que é dada maior importância para os valores mais recentes da série temporal, sendo que a escolha dos pesos é arbitrária, desde sua soma seja igual a 1 (MOREIRA, 2011). Segundo Lustosa *et al.* (2008), o modelo é dado pelas Equações (12) e (13):

$$B_t = B_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - B_{t-1}) = \alpha D_t + (1 - \alpha)B_{t-1} \quad (12)$$

$$F_t(t + k) = B_t \quad (13)$$

Em que:

$B_t$  = previsão para o período  $t$ ;

$B_{t-1}$  = previsão para o período  $t - 1$ ;

$D_{t-1}$  = valor para o período  $t - 1$ ;

$\alpha$  = coeficiente de ponderação;

$t$  = índice do período ( $t = 1, 2, \dots$ );

$k$  = número de períodos a frente que deseja-se prever ( $k = 1, 2, \dots$ ).

De acordo com Tubino (2009), o peso de cada valor decresce no tempo de forma exponencial, em que, quanto maior o valor de  $\alpha$  mais rápido o modelo irá reagir às variações reais. Dessa maneira, se o coeficiente de ponderação for muito alto, poderá existir variações aleatórias na previsão, entretanto, se for muito baixo, haverá uma defasagem entre a previsão e o valor real. Então, é necessário realizar simulações para ajustar o valor de  $\alpha$  de modo a minimizar o erro.

As vantagens da utilização deste método são: fácil compreensão, aplicação barata, flexibilidade devido a possibilidade de ajuste do coeficiente de ponderação, necessita apenas da armazenagem da previsão passada, valor da variável em estudo e valor de  $\alpha$ . Já sua principal desvantagem refere-se a dificuldade de encontrar um valor adequado para a constante de suavização (MORETTIN; TOLOI, 2004).

### 2.6.2.3 Suavização exponencial com tendência

Os métodos apresentados anteriormente não são apropriados para séries temporais que apresentam tendência, fornecendo previsões que subestimam ou superestimam os valores reais. Para evitar esse tipo de erro é recomendado o uso da suavização exponencial com tendência ou também chamada de suavização exponencial de Holt (SEH), que acrescenta uma nova constante de suavização para ajustar, além do nível (estacionariedade), a tendência da série (MORETTIN; TOLOI, 2004).

Conforme Lustosa *et al.* (2008), a previsão segue as Equações (14), (15) e (16):

$$B_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(B_{t-1} + T_{t-1}) \quad (14)$$

$$T_t = \beta(B_t - B_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (15)$$

$$F_t(t + k) = B_t + kT_t \quad (16)$$

Em que:

$D_t$  = valor do período  $t$ ;

$B_t$  = base ao final do instante  $t$ ;

$T_t$  = tendência ao final do instante  $t$ ;

$\alpha$  = é a constante de suavização para Base;

$\beta$  = constante de suavização para Tendência;

$F_t(u)$  = previsão ao final do período  $t$  para o período  $u$  ( $u > t$ );

$k$  = número de períodos a frente que deseja-se prever ( $k = 1, 2, \dots$ ).

Nesse caso, a previsão é elaborada acrescentando-se ao valor básico ( $B_t$ ), a tendência ( $T_t$ ) multiplicada pelo número de períodos a frente que deseja-se prever ( $k$ ). Dessa maneira, como na SES, a principal dificuldade deste método é determinar os valor de  $\alpha$  e  $\beta$  (MORETTIN; TOLOI, 2004).

#### 2.6.2.4 Suavização exponencial com tendência e sazonalidade

Também chamada de modelo de Holt-Winters (HW), incorpora além da tendência, um fator de sazonalidade, sendo este método dividido em dois grupos: o aditivo e o multiplicativo.

De acordo com Lustosa *et al.* (2008) o modelo multiplicativo é dado pelas Equações (17), (18), (19) e (20):

$$B_t = \alpha \left( \frac{D_t}{I_{t-L}} \right) + (1 - \alpha) (B_{t-1} + T_{t-1}) \quad (17)$$

$$T_t = \beta(B_t - B_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (18)$$

$$I_t = \gamma \left( \frac{D_t}{B_t} \right) + (1 - \gamma)I_{t-1} \quad (19)$$

$$F_t(t + k) = (B_t + kT_t)I_{t-L+k} \quad (20)$$

E conforme Morettin e Toloï (2004), o método aditivo é formulado pelas equações (21), (22), (23) e (24):

$$B_t = \alpha(D_t - I_{t-L}) + (1 - \alpha)(B_{t-1} + T_{t-1}) \quad (21)$$

$$T_t = \beta(B_t - B_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (22)$$

$$I_t = \gamma(D_t - B_t) + (1 - \gamma)I_{t-1} \quad (23)$$

$$F_t(t + k) = B_t + kT_t + I_{t-L+k} \quad (24)$$

Em que:

$\alpha$  = constante de suavização para base;

$\beta$  = constante de suavização para tendência;

$\gamma$  = constante de suavização para sazonalidade;

$D_t$  = valor referente ao período  $t$ ;

$B_t$  = base ao final do instante  $t$ ;

$T_t$  = tendência ao final do instante  $t$ ;

$I_t$  = índice de sazonalidade no instante  $t$ ;

$L$  = número de variações sazonais em uma unidade de tempo;

$F_t(u)$  = previsão ao final do período  $t$  para o período  $u$  ( $u > t$ );

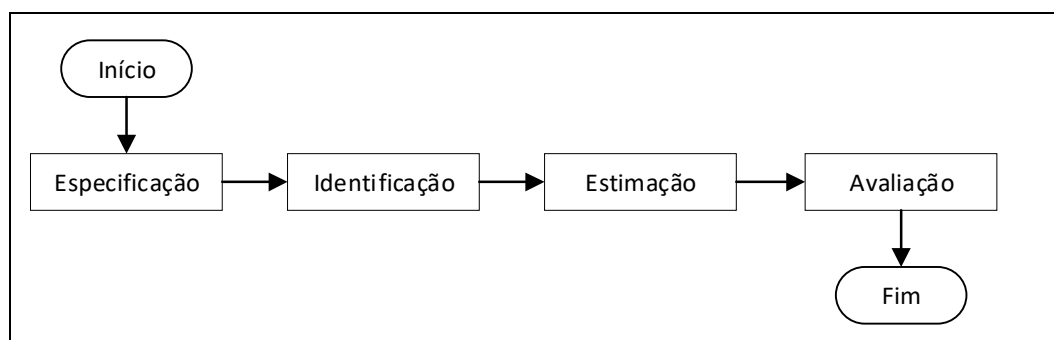
$k$  = número de períodos a frente que deseja-se prever ( $k = 1, 2, \dots$ ).

Esse modelo é adequado para séries temporais com comportamentos mais gerais, sendo que a determinação das constantes de suavização adequados torna sua aplicação mais complexa (MORETTIN; TOLOI, 2004).

#### 2.6.2.5 Modelos autorregressivos integrados de médias móveis

Uma alternativa muito utilizada na análise de séries temporais é a abordagem criada por Box e Jenkins (1976), que consiste no adequação de modelos autorregressivos integrados de médias móveis (ARIMA) para um agrupamento de dados (MORETTIN; TOLOI, 2004).

De acordo com o mesmo autor este método baseia-se em um ciclo iterativo composto por quatro etapas, representadas na Figura 14:



**Figura 14. Etapas de aplicação do método ARIMA**  
Fonte: Morettin e Toloi (2004).

A especificação consiste em considerar uma classe geral de modelos para avaliação, sendo que na identificação é necessário escolher um modelo com base em autocorrelações. Para a etapa da estimação, os parâmetros do modelo são estimados e, por fim, na fase de verificação, também chamada de diagnóstico, realiza-se uma análise de resíduos para verificar se o modelo é adequado para determinado fim (MORETTIN; TOLOI, 2004).

Segundo Matos (2000), esse modelo é utilizado, principalmente, para a previsões de curto prazo, sendo que uma desvantagem do uso desta metodologia é a necessidade do conhecimento de programas computacionais para fazer a estimação dos modelos.

Para uma descrição dos modelos ARIMA é importante definir com maior precisão o que é estacionariedade e diferenciação, pois é necessário que uma série temporal seja estacionária para um bom ajuste desse modelo (MATOS, 2000).

Uma série temporal caracterizada como estacionária é aquela cujos comportamentos não dependem do tempo, ou seja, não apresentará padrões previsíveis ao longo do tempo. Dessa forma, uma série temporal com tendência ou

sazonalidade não pode ser considerada estacionária, entretanto, uma série cíclica (sem tendência e sazonalidade), muitas vezes pode ser considerada como estacionária, pois, normalmente, os ciclos não possuem comprimentos fixos (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2013).

Já a diferenciação consiste em transformar uma série não estacionária em uma série estacionária, estabilizando sua variância e sua média para remover alterações de nível, visando reduzir a tendência e a estabilidade (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2013). Conforme Ehlers (2005), essa diferenciação pode ser feita por meio da diferença entre uma observação e sua observação anterior, como na Equação (25). Para séries temporais não sazonais, a aplicação de uma diferenciação é suficiente para torná-la estacionária, porém, ocasionalmente uma diferenciação de segunda ordem pode ser necessária, conforme a Equação (26).

$$Y'_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (25)$$

$$Y''_t = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2}) = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} \quad (26)$$

Em que:

$Y'_t$  = Valor diferenciado;

$Y_t$  = Valor da série temporal do período  $t$ ;

$t$  = índice do período.

Uma série temporal transformada em estacionária por meio de diferenciações é dita integrada de ordem  $d$ , ou seja,  $I(d)$  (MATOS, 2000).

Segundo Maddala (1992), um modelo autorregressivo é denotado por  $AR(p)$ , dado pela Equação (27), que é similar a equação de regressão múltipla e por isso, é chamada de regressivo. Entretanto, não é uma regressão baseada em variáveis independentes, mas em seus próprios valores passados e em seus erros aleatórios, sendo assim, denominado autorregressivo.

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \epsilon_t \quad (27)$$

Em que  $p$  indica o número de defasagens da série temporal, que ao ser



definido, utiliza-se o método dos mínimos quadrados para estimar os parâmetros  $\beta_p$  (MATOS, 2000).

Já os modelos de médias móveis, denominados MA( $q$ ) segundo Gujarati e Porter (2011), podem ser representados por meio da Equação (28):

$$Y_t = \mu + \beta_0\epsilon_t + \beta_1\epsilon_{t-1} + \beta_2\epsilon_{t-2} + \dots + \beta_q\epsilon_{t-q} \quad (28)$$

em que  $\mu$  é uma constante e  $\epsilon_t$  é o termo de erro aleatório para o período  $t$ , ou seja, neste caso  $Y_t$  é dado por uma constante acrescentado de uma média móvel dos termos de erro atuais e passados, isto é, uma combinação linear de erros. Conforme Matos (2000), neste caso os parâmetros são calculados por meio de métodos iterativos e complexos, que podem ser estimados com ajuda de *softwares*.

Combinando os dois métodos anteriores tem-se o modelo autorregressivos médias móveis, denominado ARMA( $p, q$ ), que, segundo Ehlers (2007), é dado pela Equação (29):

$$Y_t = \alpha_1 Y_{t-1} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + \epsilon_t + \beta_1 \epsilon_{t-1} + \dots + \beta_q \epsilon_{t-q} \quad (29)$$

Por último, combinando a diferenciação com a autorregressão e o modelo de médias móveis, obtém-se o modelo ARIMA (autorregressivo integrado de médias móveis), em que a integração significa o inverso da diferenciação. Conforme Hyndman e Athanasopoulos (2013), a Equação (30) representa este método.

$$Y'_t = \mu + \alpha_1 Y'_{t-1} + \dots + \alpha_p Y'_{t-p} + \epsilon_t + \beta_1 \epsilon_{t-1} + \dots + \beta_q \epsilon_{t-q} + \epsilon_t \quad (30)$$

Em que:

$Y'_t$  = série diferenciada uma ou mais vezes;

$p$  = ordem da parte regressiva (defasagem da série);

$d$  = grau da diferenciação envolvida;

$q$  = ordem da média móvel (defasagem dos erros aleatórios);

$t$  = índice do período;

$\mu$  = constante;

$\alpha_p$  = parâmetro da parte autorregressiva;

$\beta_q$  = parâmetro da parte de média móvel;  
 $\epsilon_t$  = erro aleatório no período  $t$ .

## 2.7 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE MODELOS DE PREVISÃO

No estudo de ajustes de modelos para um determinado fenômeno, é importante lembrar que não existem modelos que descrevem completamente a realidade, mas apenas se aproximam dela. Por este motivo que uma seleção do "melhor" modelo é necessária (EMILIANO *et al.*, 2010)

Dessa forma, após a definição e implantação do método de previsão, é importante que se faça um acompanhamento do desempenho do mesmo para validação perante os dados reais. Este monitoramento visa constatar a exatidão da previsão, corrigir problemas e permitir a escolha de métodos mais adequados se for o caso (TUBINO, 2009).

### 2.7.1 Erros de Previsão

A diferença entre os valores observados e os valores ajustados são chamados de erros ou resíduos (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2013) e, segundo Chopra e Meindl (2011), pode ser calculado pela Equação (31):

$$E_t = F_t - D_t \quad (31)$$

Em que:

$E_t$  = erro no período  $t$ ;

$F_t$  = previsão para o período  $t$ ;

$D_t$  = valor real no período  $t$ ;

Existem dois grupos em que os erros de previsão podem ser classificados: os erros sistemáticos e os erros aleatórios. Os sistemáticos se referem

a ocorrência de falhas constantes na previsão, o que pode ser causado pela negligência em estimar adequadamente os índices de tendência e sazonalidade. Por outro lado, os erros aleatórios são imprevisíveis, acarretando em desvios na previsão. Tais erros podem ser minimizados, porém nunca serão completamente eliminados (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Existem diversas maneiras de realizar a mensuração de erros de uma previsão. Entre elas está o cálculo do MAD (*Mean Absolute Deviation*), dada por Fernandes e Godinho Filho (2010), por meio da Equação (32):

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |E_t|}{n} \quad (32)$$

Conforme Moreira (2011), outra medida de erro muito utilizada é o MSE (*Mean Squared Error*) dado pela Equação (33):

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (E_t)^2}{n - 1} \quad (33)$$

Uma alternativa as medidas apresentadas é o MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), que considera desvios percentuais no cálculo do erro, que conforme Chopra e Meindl (2011), é dado pela Equação (34):

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{E_t}{D_t} \right| 100}{n} \quad (34)$$

Em que, para todos os erros apresentados:

$E_t$  = erro no período  $t$

$D_t$  = valor real no período  $t$ ;

$n$  = número total de períodos;

$t$  = índice do período.

### 2.7.2 Critério de Informação de Akaike

Para auxiliar na escolha do melhor modelo pode-se utilizar dos chamados critérios de informação. Conforme Bueno (2018), um critério de informação é uma maneira de encontrar o número ideal de parâmetros de um modelo.

Akaike (1974) sugeriu um deles chamado critério de informação de Akaike (AIC), que dá uma pontuação para o modelo de acordo com a sua adequação aos dados e na ordem do modelo (SOBRAL; BARRETO, 2011), sendo que quanto menor o valor do critério de informação, melhor é o modelo (SARTORIS, 2013).

Este critério pode ser dado, de acordo com Cottrell e Lucchetti (2019), pela Equação (35):

$$AIC = n \log \frac{SSR}{n} + 2k + n(1 + \log 2\pi) \quad (35)$$

Onde:

AIC = critério de informação de Akaike;

$n$  = número de observações da amostra;

SSR = soma dos quadrados da regressão;

$k$  = número de parâmetros utilizados pelo modelo.

### 2.7.3 U de Theil

O U de Theil, proposto por Theil (1966), analisa o desempenho do modelo em relação à previsão ingênua. Esta última refere-se a uma previsão em que o valor futuro é apenas o valor da observação anterior, dessa forma qualquer ajuste feito para séries temporais deve apresentar desempenho superior ao da previsão ingênua (GUTIÉRREZ, ROMANEL, 2003). O cálculo de U de Theil, de acordo com Silva e Dantas (2009), pode ser calculado por meio da Equação (36):

$$U \text{ de Theil} = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^n (D_t - F_t)^2}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (D_t - D_{t-1})^2}} \quad (36)$$

Em que:

$D_t$  = valor atual no período  $t$ ;

$F_t$  = valor predito no período  $t$ ;

$t$  = índice dos períodos.

Para a interpretação desse valor, Gutiérrez e Romanel (2003) citam que se  $U > 1$ , o erro do ajuste é maior que o da previsão ingênua e quando  $U < 1$ , o erro menor. Dessa forma, quanto menor for seu valor, melhor é a modelagem.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo será apresentada a classificação da pesquisa, bem como o modo como foram feitas a coleta e a análise dos dados da pesquisa.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Marconi e Lakatos (2010), a pesquisa é "um procedimento formal, que requer um tratamento científico com base em métodos reflexivos, constituindo-se de um meio para conhecer a realidade ou descobrir verdades parciais".

De forma mais simples, Cervo, Bervian e Da Silva (2007) afirmam que a pesquisa parte de uma dúvida ou problema que podem ser tanto teóricos, quanto práticos, constituindo-se de uma investigação destes com o uso de processos e métodos científicos buscando uma resposta ou solução.

Neste contexto, para o desenvolvimento da pesquisa, o planejamento torna-se essencial. Este tem como o objetivo executar o trabalho de forma racional e de coordenar suas fases. Para isso, o pesquisador deve questionar-se a respeito de pontos como: a) o que será feito; b) como será efetuado; c) quando será realizado e d) onde será desenvolvido; visando definir com clareza os objetivos e a metodologia da pesquisa (FACHIN, 2006).

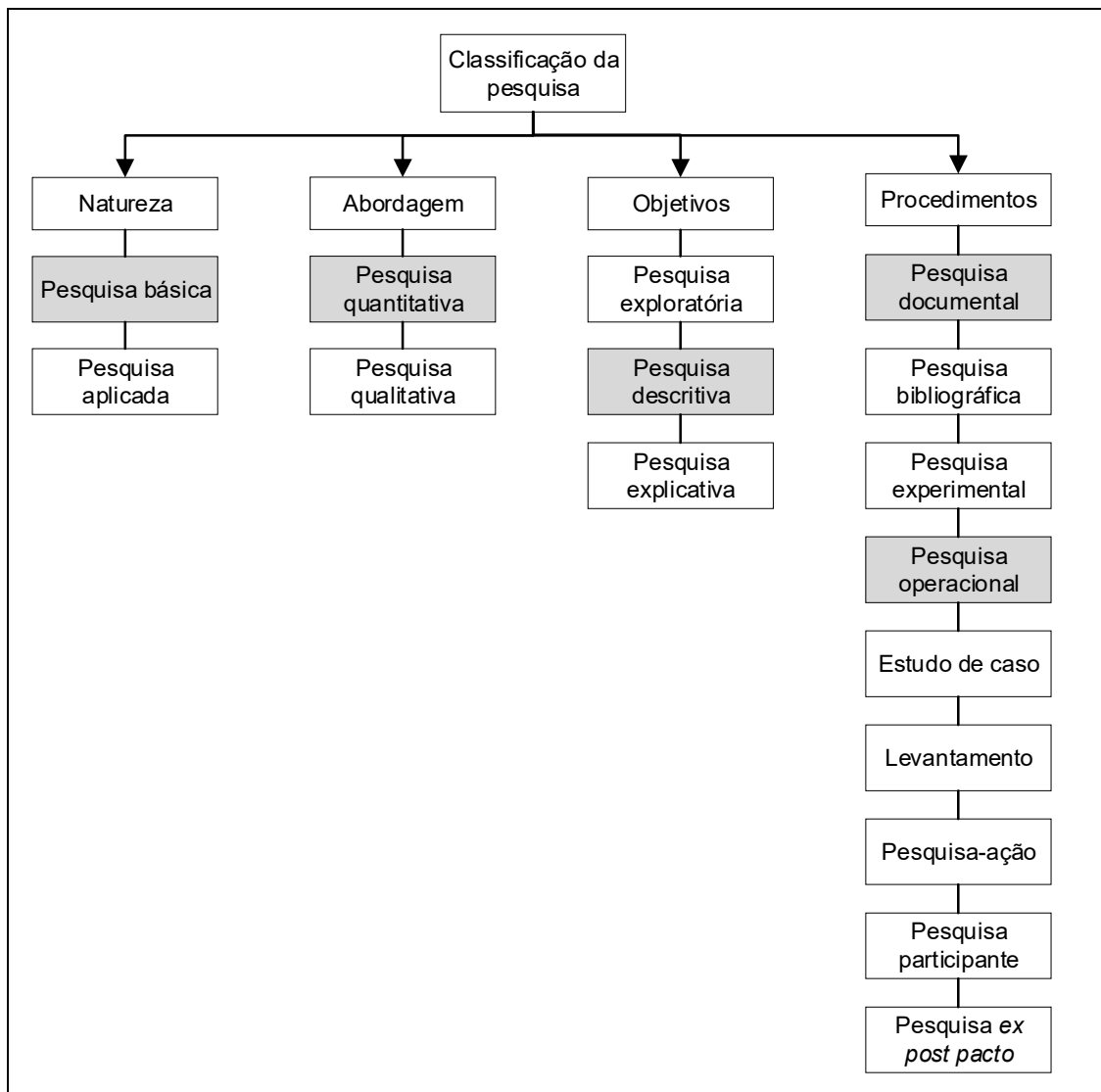
Dessa maneira, o planejamento concretiza-se com a elaboração de um projeto de pesquisa, que deve especificar quais são seus objetivos, apresentar a justificativa para sua elaboração, definir a modalidade de pesquisa e os mecanismos de coleta e análise de dados e ainda, apresentar um cronograma do desenvolvimento da pesquisa delimitando quais recursos, sendo eles humanos, financeiros ou materiais, que serão utilizados (GIL, 2010).

Dessa forma, é necessário identificar os procedimentos e métodos na qual essa pesquisa se enquadra, visando chegar aos resultados esperados.

Segundo Köche (2002), o planejamento de uma pesquisa depende do problema a ser analisado, ou seja, pode existir um número infinito de tipos de

pesquisas.

Nesse sentido, conforme Kauark, Manhães e Medeiros (2010), a pesquisa pode ser classificada quanto a sua natureza, ao seu objetivo, sua forma de abordagem e em relação aos procedimentos utilizados. A Figura 15 apresenta as formas de classificação de uma pesquisa, com destaque às quais se enquadram nesta pesquisa, que serão detalhadas posteriormente.



**Figura 15. Classificação da pesquisa**

Fonte: Adaptado de Kauark, Manhães e Medeiros (2010) e Cardoso (2011).

Quanto a sua natureza, essa pesquisa possui caráter básico, pois busca, por meio de análise de dados documentais, elaborar previsões estatísticas relacionadas ao mercado de fertilizantes no Brasil, além de que, segundo Gil (2010), esse tipo de estudo visa completar uma lacuna e agregar novos conhecimentos, sem

finalidades imediatas.

Em relação a sua abordagem, trata-se de um estudo quantitativo devido a utilização de dados numéricos como, por exemplo, a produção e o consumo de fertilizantes no Brasil ao longo dos anos. Segundo Turrioni e Mello (2012), a pesquisa quantitativa requer o uso de métodos estatísticos para classificar e analisar as informações. Já Prodanov e Freitas (2013), completam afirmando que esta é uma abordagem utilizada em várias pesquisas, incluindo a descritiva, pois permite formular hipóteses e ainda, analisar a relação entre variáveis.

A respeito de seus objetivos, o presente estudo se enquadra como uma pesquisa descritiva, devido a utilização de dados reais, além da observação, registro e correlação de variáveis sem a sua manipulação (CERVO; BERVIAN; DA SILVA, 2007), visto que os dados sobre o mercado de fertilizantes serão coletados de fontes confiáveis e serão analisados de forma a verificar a existência de relações entre as variáveis.

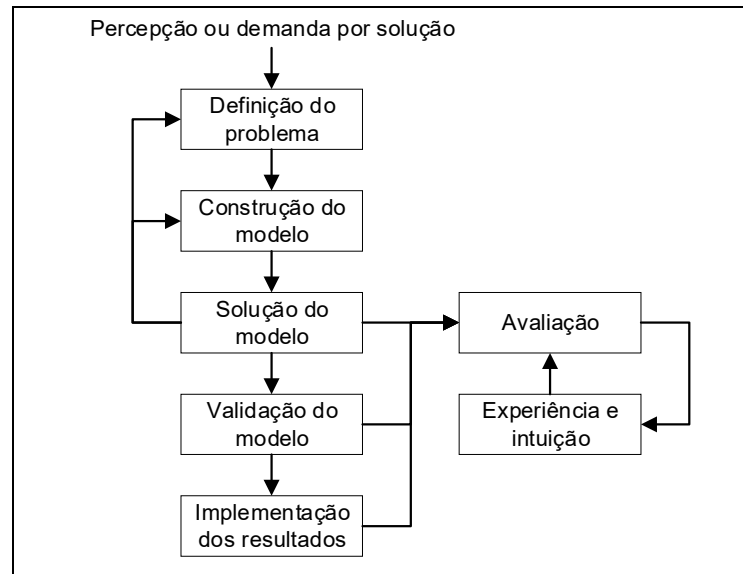
Referente aos procedimentos utilizados, essa pesquisa classifica-se como documental e operacional. Nesse sentido, segundo Severino (2007) e Gil (2008), a pesquisa documental utiliza não apenas documentos impressos, mas também documentos como jornais, fotos, filmes, gravações, documentos legais, relatórios de empresas e tabelas estatísticas, sendo que estes ainda não passaram por nenhum tratamento analítico, a partir dos quais o pesquisador realizará sua pesquisa.

Marconi e Lakatos (2010) definem esses documentos como sendo de fonte primária e dentre eles serão utilizadas nesta pesquisa, principalmente, tabelas de dados estatísticos referentes ao mercado de fertilizantes do Brasil.

Por sua vez, conforme Andrade (2014), uma pesquisa classificada como operacional segue as etapas sugeridas no fluxograma da Figura 16.

Dessa maneira, a pesquisa operacional caracteriza-se pela busca de soluções para um problema proposto, além de prever e comparar estratégias para auxiliar na tomada de decisões, a partir da construção de modelos matemáticos (CARDOSO, 2011), sendo a estatística uma importante ferramenta para esse tipo de pesquisa que será utilizada nesse trabalho.





**Figura 16. Etapas de um estudo de pesquisa operacional**  
 Fonte: Adaptado de Andrade (2014).

### 3.2 COLETA DE DADOS

Neste caso a coleta de dados foi baseada na pesquisa documental, descrita no item 3.1, que se limita às fontes primárias, principalmente às fontes estatísticas a cargo de órgãos oficiais.

Todas as sociedades atuais possuem grande quantidade de dados estatísticos (GIL, 2008), que, de acordo com Marconi e Lakatos (2010), colhem informações semelhantes, em períodos regulares e em locais diferentes, abrangendo toda a população ou apenas uma amostragem, sendo que estes dados permitem a obtenção de resultados mais significativos do que aqueles obtidos a partir de questionários e formulários. Entretanto, conforme Gil (2008), a pesquisa que faz uso de registro estatísticos, apesar de ser mais simples, exige um plano detalhado que indique com clareza o caráter dos dados, além de realizar uma escolha adequada das fontes.

As informações colhidas para elaboração desta pesquisa referem-se a dados históricos de produção, consumo, importação, exportação de fertilizantes minerais no Brasil (NPK), além da utilização de dados de produção agrícola, área plantada e indicadores socioeconômicos brasileiros (estimativa da população e PIB *per capita*).

As séries temporais mensais referentes ao mercado nacional de fertilizantes (importação, exportação, produção e consumo) foram coletados por meio de tabelas estatísticas disponibilizadas pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2019), no período de janeiro de 2007 a outubro de 2018. Também coletou-se dados anuais em relação ao consumo de fertilizantes NPK no Brasil no *site* da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2019), entre os anos de 1996 e 2016. Já os informações anuais referentes ao mercado agrícola e aos indicadores socioeconômicos foram coletados por meio da base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), no período de 1996 a 2016.

### 3.3 ANÁLISE DE DADOS

Segundo Gil (2008), a próxima fase da pesquisa refere-se a análise e interpretação dos dados, já que as informações coletadas ainda não receberam tratamento analítico, sendo que esta etapa visa organizar os mesmos de forma a facilitar a busca pelas respostas do problema, e a interpretação tem como objetivo a própria procura pelas respostas, dando-lhe um significado mais amplo e ligando-as com outros conhecimentos.

Dessa forma, após a coleta dos dados, estes foram organizados e agrupados conforme a necessidade, e posteriormente avaliados com auxílio da planilha Microsoft® Excel (MICROSOFT, 2007), na qual foi realizada uma análise estatística, buscando explicar o comportamento dos dados, por meio de valores como a média, mediana, desvio padrão (*dp*) e coeficiente de variação (*CV*). Também, foi feita uma análise gráfica, por meio da plotagem dos gráficos das séries temporais, *boxplots* e dos gráficos dos índices sazonais, visando identificar padrões, tendências e sazonalidades.

Para elaboração e escolha dos modelos das previsões para produção consumo, importação e exportação de fertilizantes no Brasil, foram utilizados os *softwares* Action Stat® (EQUIPE ESTATCAMP, 2018) e NNQ - Estatística (NNQ, 2019).

De acordo com Portal Action (2018), o Action Stat® é um sistema de

análise estatística integrado a planilha Microsoft® Excel, desenvolvido pela empresa Estatcamp, que apresenta os modelos suavização exponencial e ARIMA para ajuste de séries temporais.

Já o NNQ - Estatística também é um suplemento da planilha Microsoft® Excel, desenvolvido pelo Núcleo de Normalização e Qualimetria da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), que realiza decomposição clássica e suavização exponencial (NNQ, 2019).

As previsões foram feitas a partir dos métodos descritos no referencial teórico para os próximos 12 meses após o último dado coletado (outubro de 2018). Utilizou-se o *software* Action Stat®, para o modelo de médias móveis simples e ARIMA, e o *software* NNQ - Estatística, para o método de suavização exponencial.

Para ajustar o melhor modelo dentro do método de médias móveis, testou-se várias possibilidades com comprimentos de médias diferentes, sendo apresentado neste trabalho aquele que apresentou o menor valor de erro MAPE. Já para o modelo ARIMA, realizou-se testes de estacionariedade para avaliar o parâmetro  $d$ , além de análise de gráficos de autocorrelação para estimar os valores de  $p$  e  $q$ . Neste caso, também testou-se diversos valores para os parâmetros, visando encontrar um modelo que obtivesse um baixo erro MAPE. Por outro lado, o *software* NNQ - Estatística ajusta automaticamente o melhor modelo utilizando o método de suavização exponencial, de acordo com o MAPE.

A escolha do método mais adequado, entre os três modelos elaborados, foi realizada de acordo com alguns parâmetros avaliados, como: critério de Akaike, erro MAPE e U de Theil, descritos no referencial teórico, além de comparação entre o desvio obtido entre os valores futuros com os reais.

A comparação entre os valores previstos e reais foi feita utilizando dados dos meses de novembro e dezembro que não estavam disponíveis no momento da coleta dos dados e por isso não foram incluídos na previsão. Na fase da elaboração do presente trabalho estas informações foram disponibilizados pela ANDA e utilizados para fins de comparação dos métodos de previsão.

Ainda, uma regressão linear múltipla foi realizada, por meio do *software* gretl® (COTTRELL; LUCCHETTI, 2019), que segundo Baiocchi e Distaso (2003) é um pacote gratuito, de fácil utilização e empregado para análise econométrica.

Nesta regressão buscou-se estabelecer uma relação entre as variáveis consumo de fertilizantes NPK, período, área plantada, crescimento populacional e o

PIB *per capita* brasileiro, além de analisar a presença de multicolinearidade, os valores de FIV e do coeficiente de determinação ajustado. A partir da melhor equação encontrada foi elaborado um gráfico em 3D por meio da Calculadora Online (2019).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados das análises realizadas a partir dos dados históricos relacionados ao mercado de fertilizantes minerais no Brasil. Primeiramente, apresentou-se a análise descritiva de cada um dos conjunto de dados (importação, exportação, produção e consumo de fertilizantes). Após isso exibiu-se os resultados dos métodos de previsão aplicados, e por fim, explanou-se os modelos obtidos a partir da regressão linear múltipla.

### 4.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

Os valores mensais relacionados às importações, exportações, produção e consumo de fertilizantes no Brasil entre janeiro de 2007 e outubro de 2018, foram coletados conforme descrito na metodologia.

Para a análise dos dados realizou-se um breve estudo da estatística descritiva, exibida na Tabela 2. Conforme Martins (2002), a estatística descritiva é definida como a descrição de um grupo de dados que auxilia na compreensão dos comportamentos da variável em análise.

A média e a mediana são valores representativos de um conjunto de dados que localizam-se no ponto central do mesmo. A média é calculada por meio da soma dos dados dividida pela sua quantidade, e por outro lado, a mediana é o valor central ou a média dos dois valores centrais de um conjunto de dados organizados em ordem crescente (SPIEGEL, 2009).

Nota-se, por meio da Tabela 2, que a diferença entre média e a mediana para cada um dos conjunto de dados indica variabilidade dos mesmos.

O desvio padrão ( $dp$ ) indica, aproximadamente, o erro dos dados em relação a sua média, sendo que quanto maior o valor do  $dp$  mais disperso será o conjunto de dados em torno de sua média (MORETTIN; BUSSAB, 2010). Neste caso, observa-se que o  $dp$  é alto para todas as variáveis, indicando variabilidade dos dados.

**Tabela 2. Estatística descritiva dos dados do mercado de fertilizantes no Brasil**

| Medida                   | Importação                | Exportação                | Produção                  | Consumo                   |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Média                    | 1676110,873 ton           | 45302,979 ton             | 754327,718 ton            | 2434904,634 ton           |
| Erro padrão              | 47691,22307 ton           | 1689,990 ton              | 8458,648 ton              | 70899,977 ton             |
| Mediana                  | 1674978 ton               | 46958 ton                 | 760951 ton                | 2312274 ton               |
| Moda                     | -                         | 57319 ton                 | -                         | 2175907 ton               |
| Variância                | 3,23E+11 ton <sup>2</sup> | 4,06E+08 ton <sup>2</sup> | 1,02E+10 ton <sup>2</sup> | 7,14E+11 ton <sup>2</sup> |
| Desvio padrão            | 568306,512 ton            | 20138,552 ton             | 100796,420 ton            | 844870,737 ton            |
| Coefficiente de variação | 33,906%                   | 44,453%                   | 13,362%                   | 34,698%                   |
| Curtose                  | -0,131                    | -0,850                    | 0,994                     | -0,584                    |
| Assimetria               | -0,225                    | -0,103                    | -0,470                    | 0,538                     |
| Amplitude                | 2798841 ton               | 84039 ton                 | 577120 ton                | 3847296 ton               |
| Mínimo                   | 143118 ton                | 1640 ton                  | 406719 ton                | 977397 ton                |
| Máximo                   | 2941959 ton               | 85679 ton                 | 983839 ton                | 4824693 ton               |
| Soma                     | 238007744 ton             | 6433023 ton               | 107114536 ton             | 345756458 ton             |
| Contagem                 | 142                       | 142                       | 142                       | 142                       |

Fonte: Autoria própria (2019).

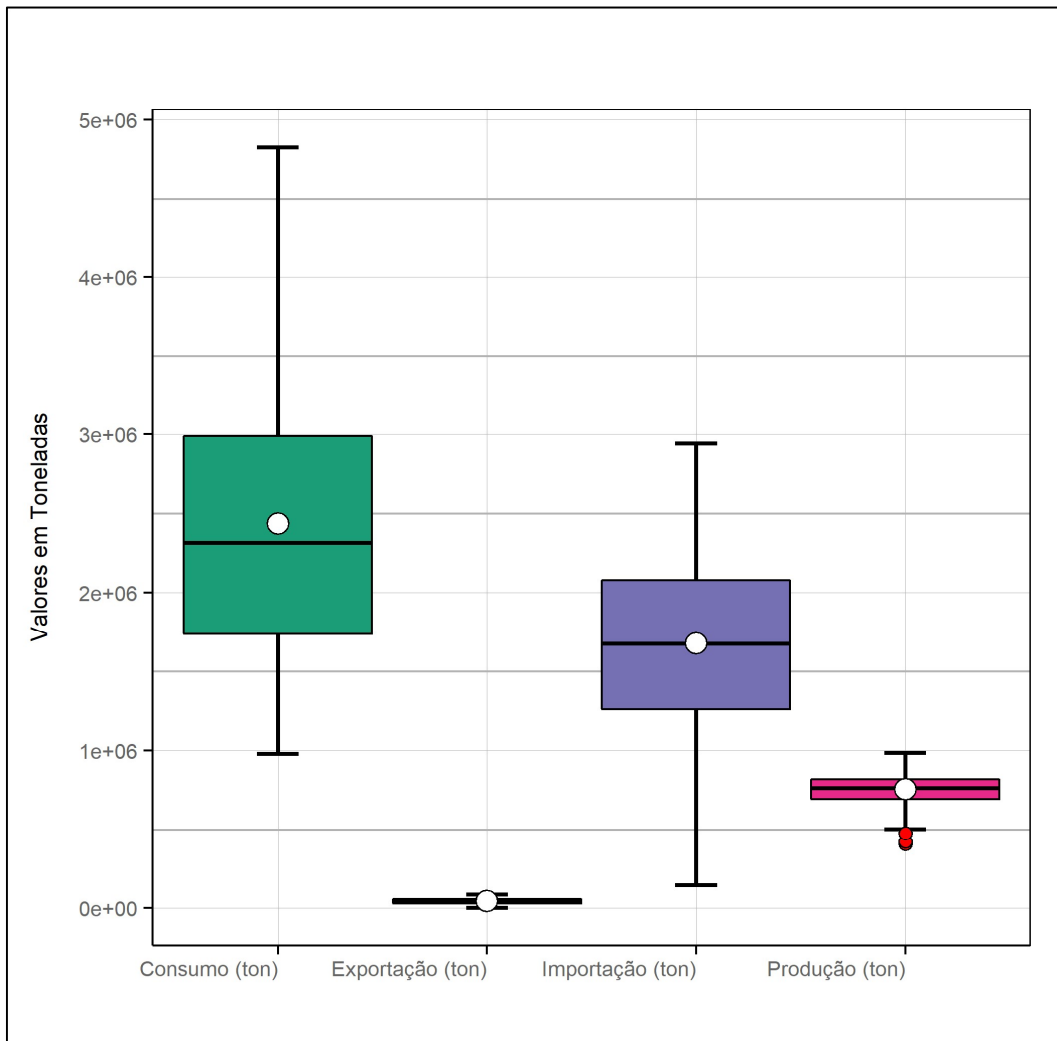
O coeficiente de variação (CV) é dado pela divisão entre o  $dp$  e a média de um conjunto de dados em percentual, sendo que quanto menor este valor maior será a representatividade da média (GONÇALVES, 2002). Conforme Pimentel-Gomes (2009), pode-se considerar um coeficiente de variação baixo, quando este é inferior a 10 %; médio, quando está no intervalo de 10 a 20 %; alto, entre 20 a 30 %, e muito alto, quando seu valor supera 30 %. Para esses conjuntos de dados o valor do CV é sempre maior que 10 %, sendo considerada médio, o que reforça a variabilidade dos dados.

Além da análise descritiva é importante observar a distribuição dos dados com a construção de gráficos. Para tanto, elaborou-se um *boxplot*, ilustrado na Figura 17. Segundo Mucelin (2010), o *boxplot* é muito utilizado para sintetizar a análise descritiva de um conjunto de dados, com a finalidade de constatar a existência de pontos discrepantes (*outliers*) e indicar a configuração de distribuição.

Por meio do *boxplot* é possível ressaltar a dependência nacional de importações de fertilizantes, pois nota-se um alto consumo e um baixo nível de produção, além do alto índice de importações. Nota-se, ainda, a presença de três *outliers* nos dados de produção, que ocorreram nos meses de novembro e dezembro de 2008 e janeiro de 2009.

Essa queda de produção neste período sucedeu-se devido a um aumento de preços dos fertilizantes, motivado por uma maior demanda decorrida por conta do

crescimento econômico mundial, que alavancou os preços do petróleo e dos produtos agrícolas. Assim, os fertilizantes sofreram uma elevação na demanda, pois agricultores passaram a produzir mais, além de que o maior consumo de petróleo aumentava os preços deste produto e de seus derivados, que constituem uma das matérias-primas dos fertilizantes (LACERDA, 2009).



**Figura 17. Boxplot das séries temporais**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

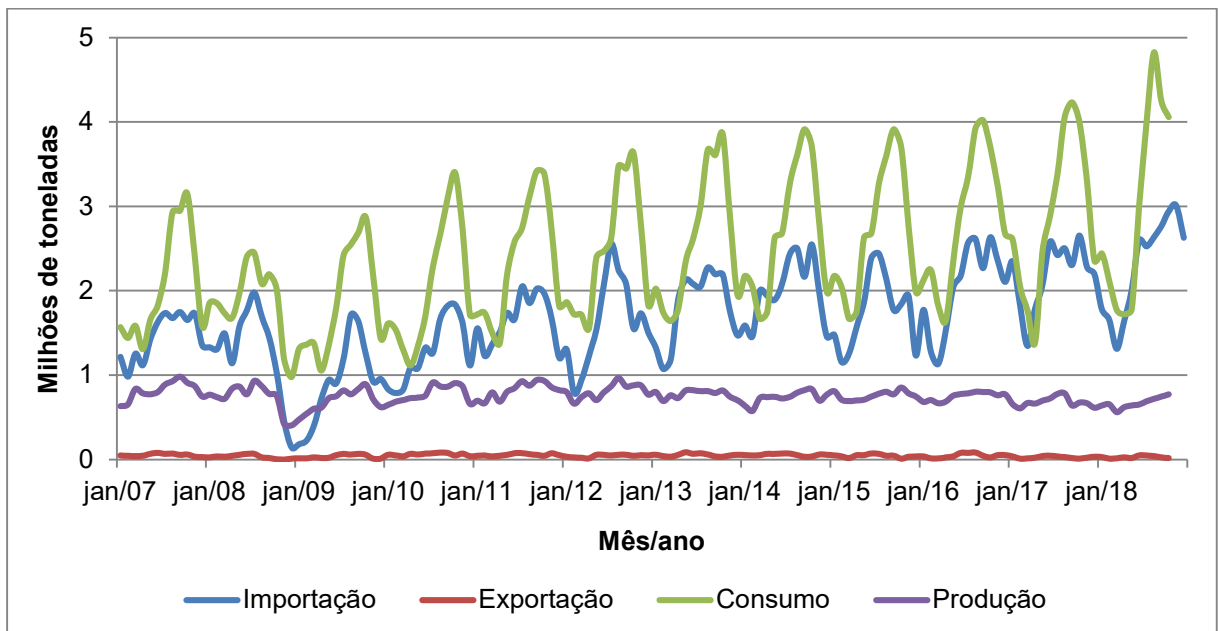
Outro gráfico construído foi o da distribuição das séries temporais que esta apresentada na Figura 18.

Para a série temporal de importações de fertilizantes no Brasil há uma leve tendência de crescimento ao longo dos anos, além da presença de sazonalidade, pois as importações diminuem nos primeiros meses do ano em que não há safra e, conforme Bobato (2016), se concentram entre agosto e outubro,

época da safra de verão. Já as exportações de fertilizantes apresentam dados mais dispersos e, visualmente, não apresentam tendência.

Em relação a produção brasileira, nota-se um padrão mais regular de queda no início do ano e aumento no restante dos meses, também causado pelos períodos entre safras, em que a demanda de fertilizantes é menor.

Entretanto, para o consumo de fertilizantes, percebe-se que há uma repetição no padrão, indicando a presença de sazonalidade, explicada pelos períodos de safras, em que há um grande consumo de fertilizantes no país. Além disso, há uma leve tendência de crescimento no consumo ao longo dos anos, visto que o uso de fertilizantes mineirais contribui para aumento da produtividade.



**Figura 18. Séries históricas mensais do mercado de fertilizantes do Brasil entre 2007 e 2018**  
Fonte: ANDA (2019).

A partir do gráfico também é possível confirmar a variabilidade dos dados que foi constatada anteriormente por meio da análise descritiva.

Para analisar de maneira mais aprofundada a questão da sazonalidade, realizou-se a decomposição de cada conjunto de dados, por meio do *software* NNQ-Estatística. Neste processo, o programa elabora um gráfico com índices sazonais (IS), que mostra o aumento e a queda dos dados mensalmente.

Na Figura 19, apresenta-se os gráficos dos índices sazonais (aditivos ou multiplicativos) para as variáveis estudadas. Observa-se que para todos os fatores há uma queda nos meses iniciais e finais, e um aumento nos demais meses do ano.



Conforme os estudos de Ferreira *et al.* (1994), relacionados a importações e consumo de fertilizantes a nível de Brasil e regiões entre 1985 e 1992, constatou-se a presença de sazonalidade por meio da decomposição da série temporal, em que os índices sazonais apresentaram-se acima da média no segundo semestre, período em que ocorre o plantio das principais culturas e a concentração do uso de fertilizantes.

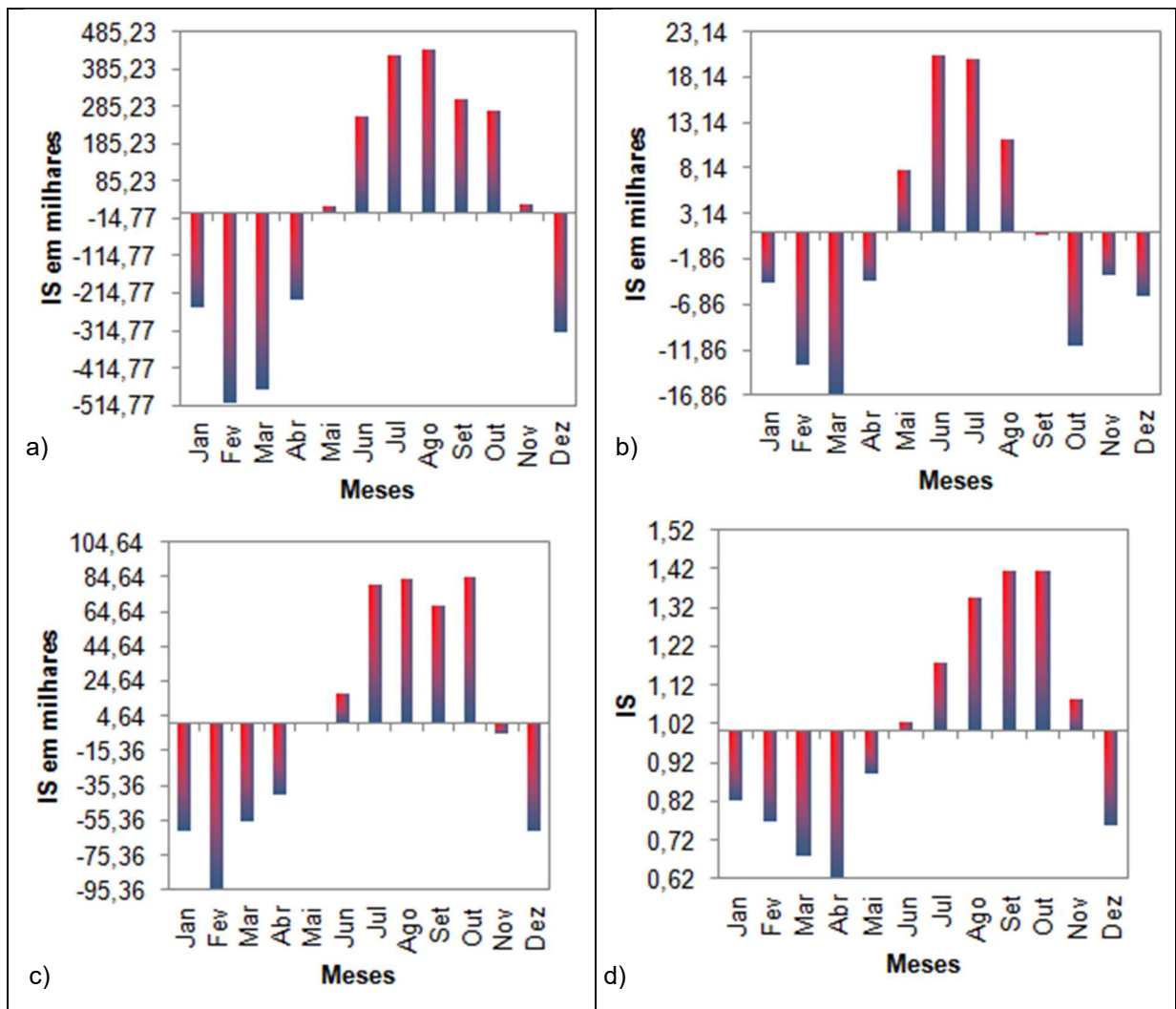


Figura 19. Índices sazonais aditivos de importação (a), exportação (b) e produção de fertilizantes NPK (c); índices sazonais multiplicativos do consumo de fertilizantes NPK (c)  
Fonte: Autoria própria (2019).

## 4.2 PREVISÕES

Nesse capítulo será apresentada a comparação entre os métodos

utilizados para a elaboração da previsão de cada uma das variáveis analisadas (importação, exportação, produção, consumo), além dos resultados obtidos pelo método considerado mais adequado.

#### 4.2.1 Importações de Fertilizantes

Para a previsão feita para a importação de fertilizantes no Brasil ajustou-se um modelo de médias móveis com o comprimento 2, o que indica que foi utilizado a média dos dois valores anteriores para prever o próximo valor. Tentou-se ajustar modelos com outros comprimentos, porém estes apresentavam valores de erro maiores. Isso pode ser explicado pelo fato de que, segundo Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998), quanto maior o comprimento da média móvel mais informações, como a tendência e a sazonalidade, são perdidas no processo de previsão.

Já o melhor modelo de suavização exponencial ajustado pelo *software* NNQ foi o ANA (erros aditivos, sem tendência, sazonalidade aditiva) e o melhor modelo autorregressivo integrado a médias móveis, ajustado por meio do Action Stat<sup>®</sup> foi o ARIMA (4, 1, 2).

A Tabela 3 mostra um comparativo dos métodos utilizados para a elaboração da previsão de acordo com o erro MAPE, os valores de U de Theil e de AIC. Já a Tabela 4 apresenta os valores previstos para novembro e dezembro do ano de 2018, comparado com seus valores reais, não utilizados no ajuste do modelo, por meio de suas diferenças.

**Tabela 3. Comparação de métodos para previsão das importações**

| <b>Método</b>                 | <b>MAPE</b> | <b>U de Theil</b> | <b>AIC</b> |
|-------------------------------|-------------|-------------------|------------|
| Médias móveis (comprimento 2) | 9,27%       | 0,50100           | 1764,508   |
| Suavização exponencial (ANA)  | 13,77%      | 0,76182           | 1803,856   |
| ARIMA (4, 1, 2)               | 14,57%      | 0,62634           | 1814,949   |

**Fonte: Autoria própria (2019).**

Analisando a primeira tabela (Tabela 3) nota-se que todos os modelos exibem valores de U de Theil menores que 1, o que indica uma boa modelagem. Porém o ajuste que apresenta o menor erro é o de médias móveis, que também

possui os menores valores de U de Theil e AIC entre os métodos utilizados, seguido pelo método de suavização exponencial.

Por meio da Tabela 4 é possível observar que o modelo de médias móveis apresenta os menores desvios entre o previsto para os meses de novembro e dezembro e seus respectivos valores reais.

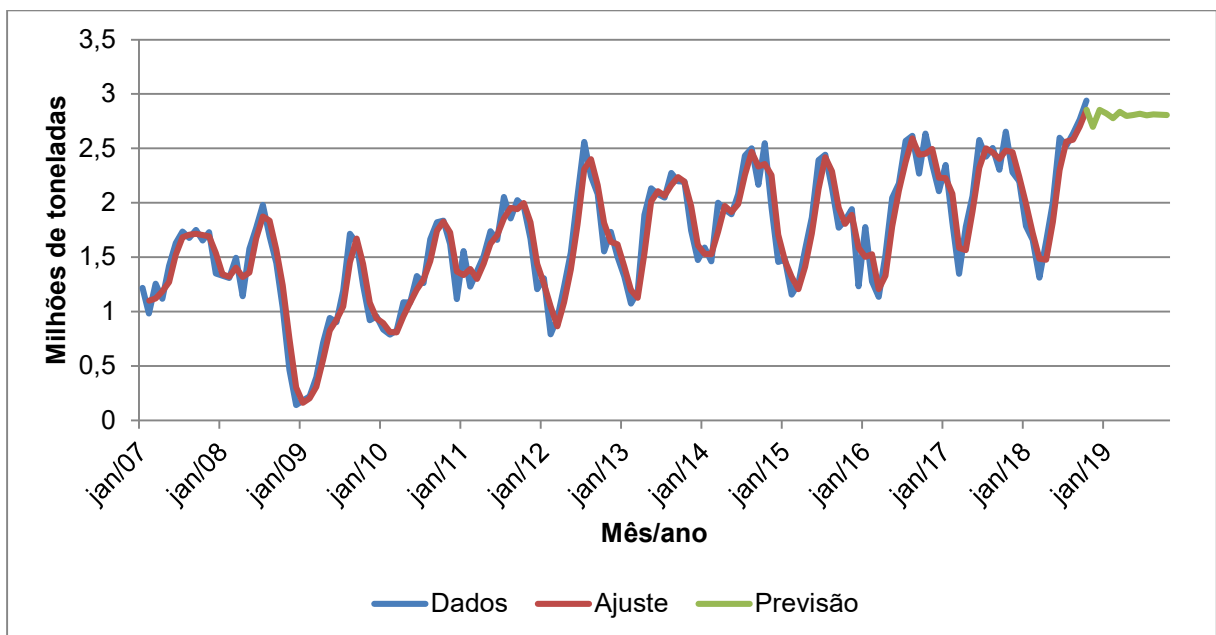
**Tabela 4. Comparação entre real e previsto para importações**

|                 | Médias móveis<br>(comprimento 2) | Suavização<br>exponencial (ANA) | ARIMA (4, 1, 2) |
|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| <b>Novembro</b> |                                  |                                 |                 |
| Real            | 3002732                          | 3002732                         | 3002732         |
| Previsto        | 2701105                          | 2607067,278                     | 2603150,025     |
| Erro            | 301627                           | 395664,7216                     | 399581,9753     |
| <b>Dezembro</b> |                                  |                                 |                 |
| Real            | 2628771                          | 2628771                         | 2628771         |
| Previsto        | 2854160                          | 2266535,32                      | 2349972,464     |
| Erro            | -225389                          | 362235,6799                     | 278798,5362     |

Fonte: Autoria própria (2019).

Dessa forma, considerou-se o modelo de médias móveis como o melhor ajuste dos dados de importação de fertilizantes NPK no Brasil.

Na Figura 20 é demonstrado o ajuste feito por meio do método de médias móveis e a previsão para 12 meses.



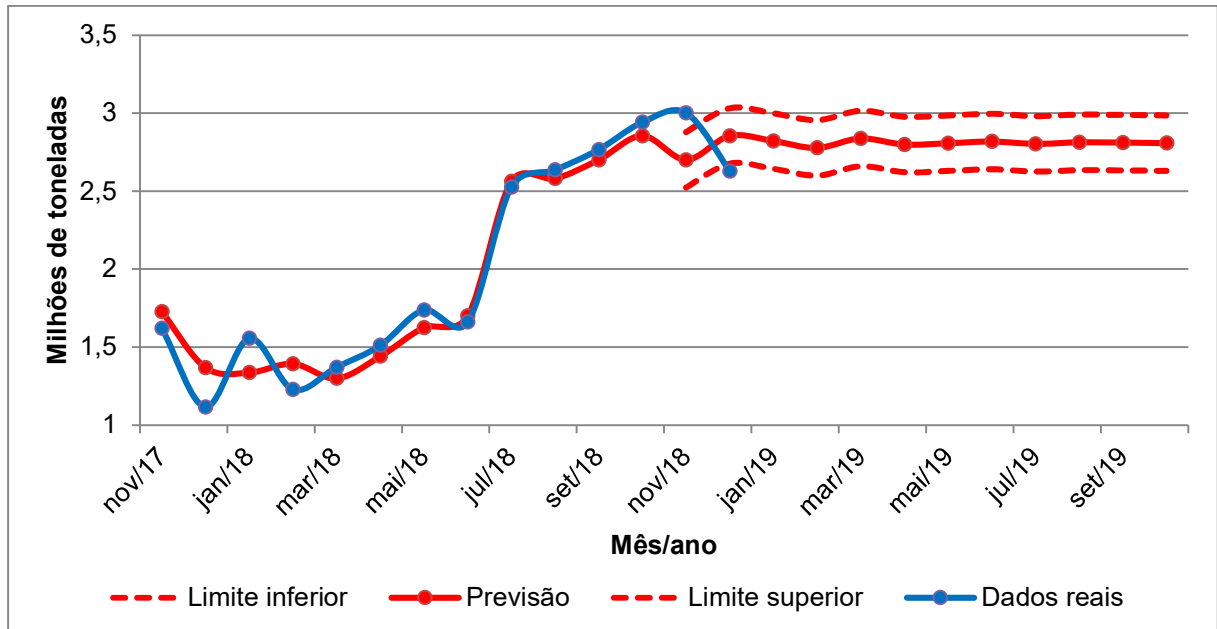
**Figura 20. Gráfico do ajuste e previsão de importações de fertilizantes**

Fonte: Autoria própria (2019).

Nota-se que o ajuste é bastante semelhante aos dados reais, porém a

previsão não obedece o padrão de sazonalidade existente na série.

Já a Figura 21 mostra com mais detalhes a previsão feita, que apresentou-se dentro dos limites superior e inferior considerando 95% de confiança.



**Figura 21. Previsão de 12 meses para importações de fertilizantes por médias móveis**  
 Fonte: Autoria própria (2019).

Apesar dos baixos erros e validade do modelo, o método de médias móveis tende a estabilizar a previsão, quando esta é realizada para um longo período, como visto no resultado demonstrado anteriormente. De acordo com Tallarico (1968), se as observações apresentarem variações, a utilização desse método irá gerar previsões constantes.

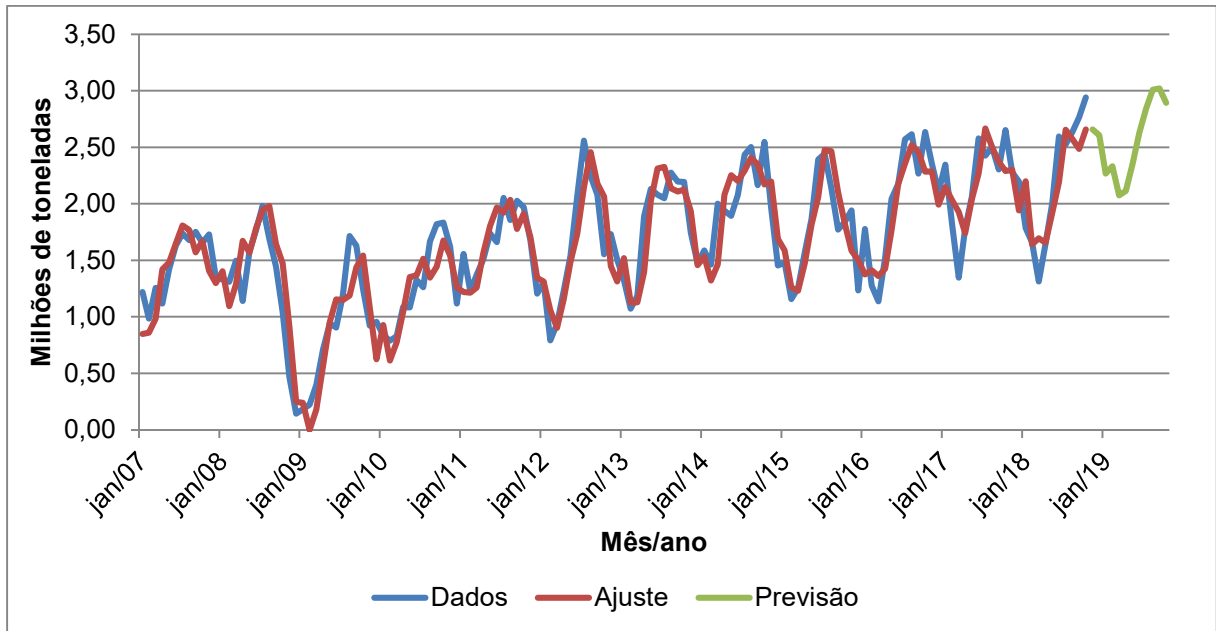
Por isso, esse método é mais indicado para previsões de curto prazo, que, segundo Peinaldo e Graeml (2007), deve ser aplicado para dados que não possuem tendência e sazonalidade.

Para o caso deste estudo, em que a previsão foi feita para 12 meses, optou-se por expor também o método de suavização exponencial para ajuste da série temporal de importações, pois além de possuir boa precisão e capacidade de ajuste automático e rápido a variações nas observações (VERÍSSIMO *et al.*, 2013), apresentou o melhor resultado após o modelo de médias móveis.

Assim, ao realizar a ajuste pelo *software* NNQ, este gera automaticamente a melhor previsão utilizando o método de suavização exponencial. O ajuste gerado considerou  $\alpha$  (0,72),  $\beta$  (0,00) e  $\gamma$  (0,01), indicando uma variação de

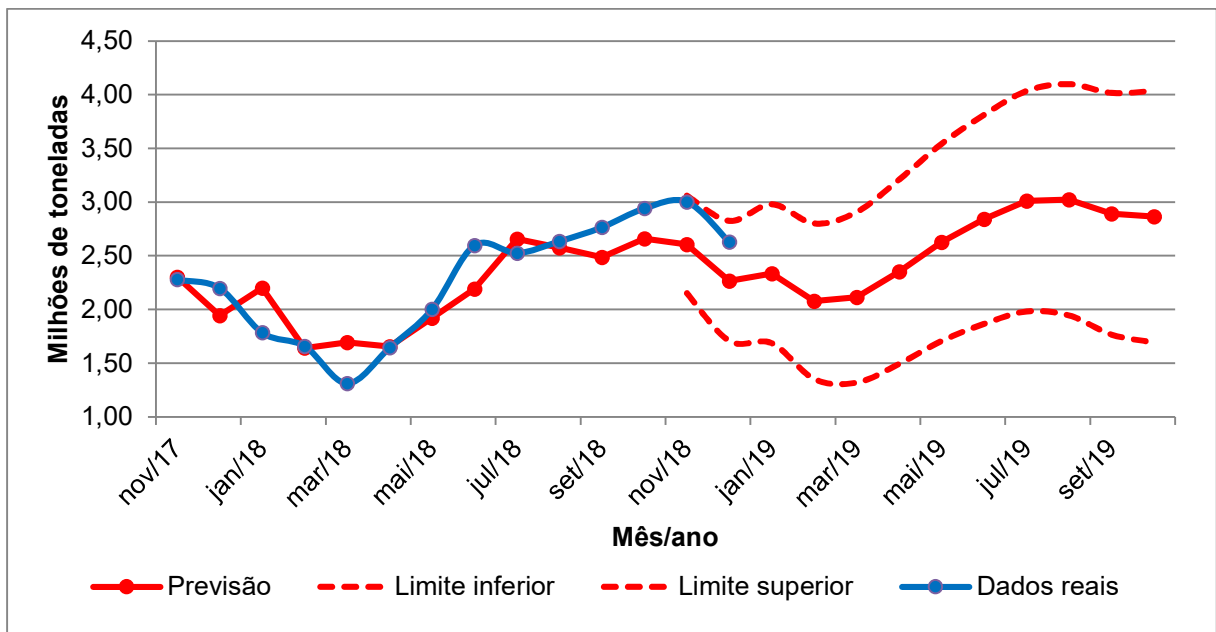
nível alta, ausência de tendência e a presença de sazonalidade.

As Figura 22 e 23 mostram o ajuste feito pela suavização exponencial e a previsão para 12 meses.



**Figura 22. Gráfico do ajuste e previsão de importações de fertilizantes por suavização exponencial**

Fonte: Autoria própria (2019).



**Figura 23. Previsão de 12 meses para importações de fertilizantes por suavização exponencial**

Fonte: Autoria própria (2019).

Percebe-se (Figura 23) que a previsão feita por meio da suavização

exponencial não estabiliza-se com o passar do tempo, como no modelo de médias móveis, ajustando-se mais adequadamente ao padrão de sazonalidade da série temporal, em que há queda de importações nos primeiros meses do ano e um aumento delas logo em seguida.

Bobato (2016) afirma que a sazonalidade nas importações de fertilizantes acaba sendo um problema para o controle e o planejamento dos preços, principalmente devido a deficiente infraestrutura brasileira de escoamento, o que reforça ainda mais a necessidade da previsão.

#### 4.2.2 Exportação de Fertilizantes

No estudo da série temporal de exportações de fertilizantes, ajustou-se os modelos de médias móveis (comprimento 2), suavização exponencial ANA (aditivo para os erros, sem tendência e aditivo para sazonalidade) e ARIMA (5, 0, 4).

Na Tabela 5, observa-se os valores do erro MAPE, U de Theil e AIC para cada modelo, em que nota-se que o método de médias móveis apresentou os menores valores, pois normalmente esse modelo apresenta um ajuste mais semelhante em relação aos dados reais.

**Tabela 5. Comparação de métodos para previsão das exportações**

| <b>Método</b>                 | <b>MAPE</b> | <b>U de Theil</b> | <b>AIC</b> |
|-------------------------------|-------------|-------------------|------------|
| Médias móveis (comprimento 2) | 19,99%      | 0,50010           | 1381,13    |
| Suavização exponencial (ANA)  | 39,51%      | 0,80073           | 1448,54    |
| ARIMA (5, 0, 4)               | 41,24%      | 0,81892           | 1465,84    |

**Fonte: A autoria própria (2019).**

Apesar do modelo ajustado por médias móveis apresentar os menores valores de erro, de U de Theil e AIC percebe-se, por meio da Tabela 6, que para a previsão para o mês de novembro apresenta o maior valor para o desvio entre os três ajustes realizados.

Tabela 6. Comparação entre real e previsto para exportações

|          |          | Médias móveis<br>(comprimento 2) | Suavização<br>exponencial (ANA) | ARIMA (5, 0, 4) |
|----------|----------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Novembro | Real     | 28695                            | 28695                           | 28695           |
|          | Previsto | 34494,5                          | 24591,07686                     | 32303,42954     |
|          | Erro     | -5799,5                          | 4103,923137                     | -3608,429539    |
| Dezembro | Real     | 20148                            | 20148                           | 20148           |
|          | Previsto | 21993                            | 22225,23946                     | 47361,21854     |
|          | Erro     | -1845                            | -2077,239455                    | -27213,21854    |

Fonte: Autoria própria (2019).

Como explicado anteriormente, o modelo de médias móveis não é o mais indicado para previsões a longo prazo. Por isso, optou-se por apresentar os resultados do modelo de suavização exponencial, que é segundo melhor modelo de acordo com erro MAPE, U de Theil e AIC, além de apresentar desvios baixos em relação a previsão dos meses de novembro e dezembro de 2018. As Figuras 24 e 25 mostram o resultado obtido.

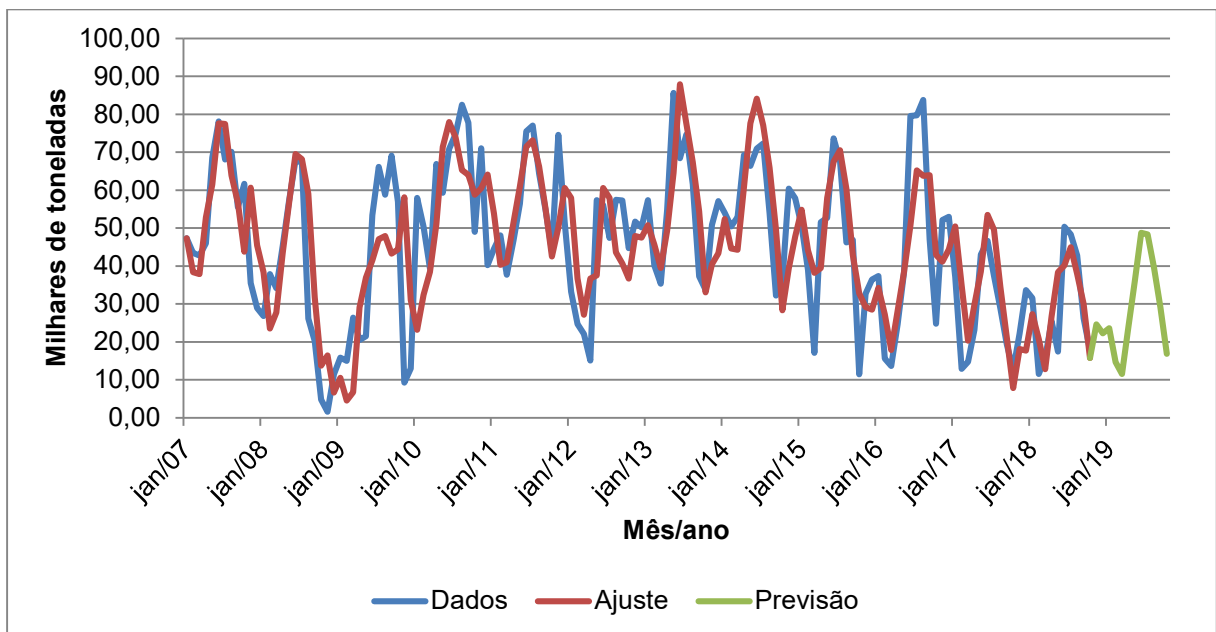
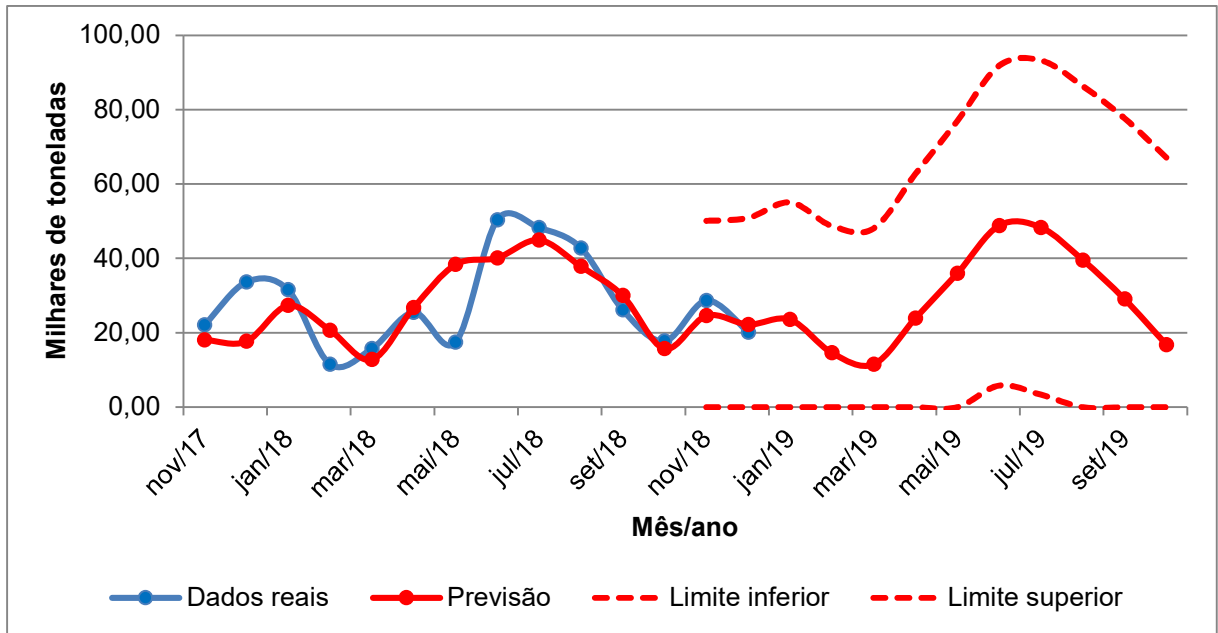


Figura 24. Gráfico do ajuste e previsão de exportações de fertilizantes por suavização exponencial

Fonte: Autoria própria (2019).

O ajuste obtido pelo método de suavização exponencial apresentou  $\alpha$  (0,51), indicando uma variação de nível intermediária;  $\beta$  (0,00), que representa ausência de tendência e  $\gamma$  (0,01), que demonstra variação causada por sazonalidade.



**Figura 25. Previsão de 12 meses para exportações de fertilizantes por suavização exponencial**  
 Fonte: Autoria própria (2019).

Nota-se, por meio da Figura 25, que a previsão ocorre entre os limites superior ou inferior, considerando 5 % de erro, o que colabora com a validação do modelo.

#### 4.2.3 Produção de Fertilizantes

Para a previsão da produção de fertilizantes NPK no Brasil ajustou-se os modelos de: médias móveis (comprimento 2), suavização exponencial ANA (erros aditivos, ausência de tendência e sazonalidade aditiva) e ARIMA (5, 0, 2). Os modelos ajustados estão detalhados nas Tabelas 7 e 8.

**Tabela 7. Comparação de métodos para previsão da produção**

| Método                        | MAPE  | U de Theil | AIC      |
|-------------------------------|-------|------------|----------|
| Médias móveis (comprimento 2) | 3,79% | 0,50015    | 1565,33  |
| Suavização exponencial (ANA)  | 6,33% | 0,80629    | 1634,91  |
| ARIMA (5, 0, 2)               | 6,21% | 0,60646    | 1645,684 |

Fonte: Autoria própria (2019).



Tabela 8. Comparação entre real e previsto para a produção

|          |          | Médias móveis<br>(comprimento 2) | Suavização<br>exponencial (ANA) | ARIMA (5, 0, 2) |
|----------|----------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Novembro | Real     | 740936                           | 740936                          | 740936          |
|          | Previsto | 732942,5                         | 672789,6335                     | 740580,4711     |
|          | Erro     | 7993,5                           | 68146,3665                      | 355,5289296     |
| Dezembro | Real     | 724893                           | 724893                          | 724893          |
|          | Previsto | 759682,5                         | 616365,2414                     | 713557,8726     |
|          | Erro     | -34789,5                         | 108527,7586                     | 11335,12741     |

Fonte: Autoria própria (2019).

Nota-se os menores valores para o erro MAPE, U de Theil e AIC para os métodos de médias móveis, seguido pelo ARIMA (Tabela 7). Por outro lado, na Tabela 8, tem-se que os menores desvios para a previsão dos meses de novembro e dezembro, que são bem mais baixos do que os demais métodos, são apresentados pelo modelo ARIMA.

Devido ao observado anteriormente optou-se por apresentar o resultado obtido modelo ARIMA. Sendo assim, o melhor modelo obtivo por meio do *software* Action Stat<sup>®</sup> foi um ARIMA (5, 0, 2), em que 5 representa o número de defasagens do modelo para a parte autoregressiva, 0 refere-se ao número de diferenciações feitas para alcance da estacionariedade e 2 é o número de parâmetros para a parte de médias móveis, ou seja, o número de defasagens quanto aos erros do ajuste.

As Figuras 26 e 27 mostram o resultado pelo método ARIMA.

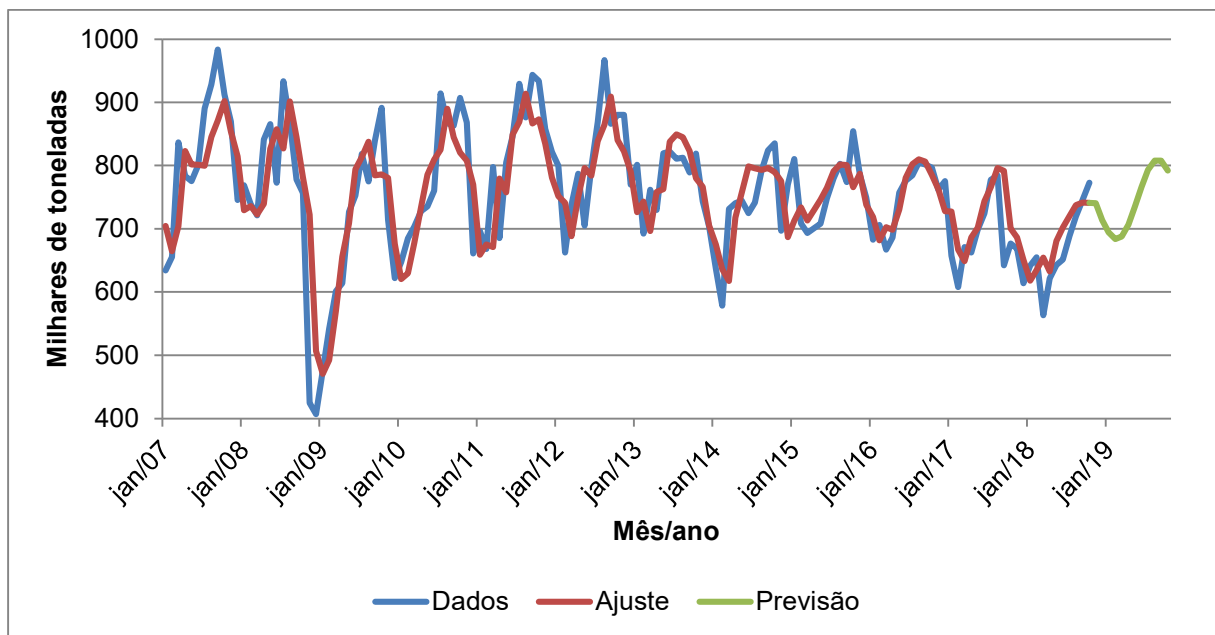
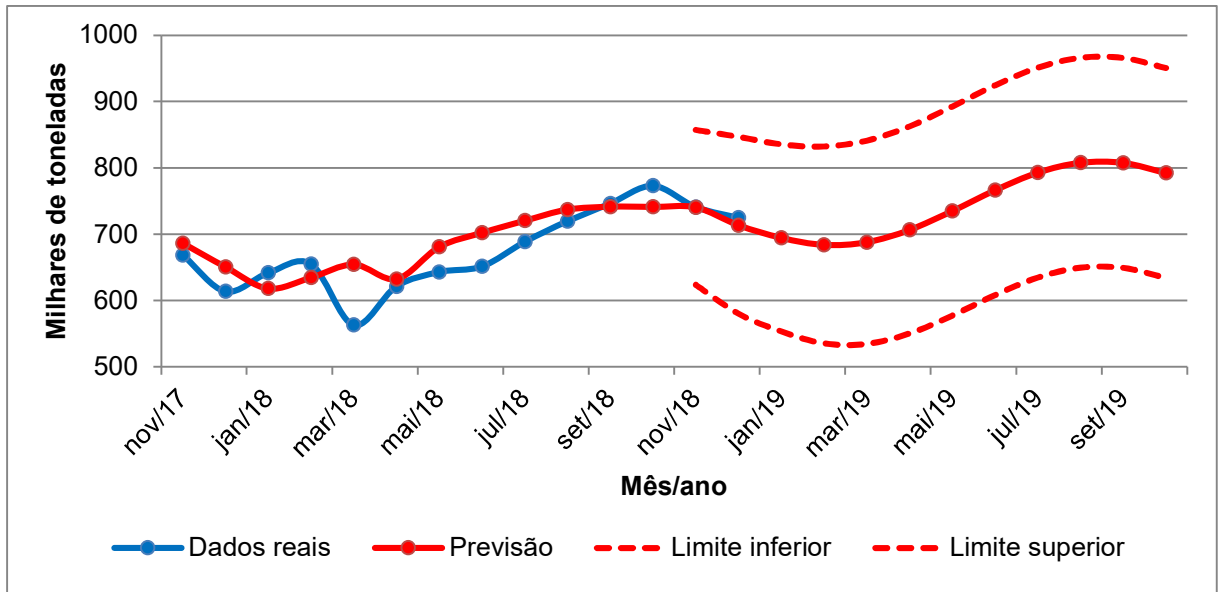


Figura 26. Gráfico do ajuste e previsão de produção de fertilizantes por ARIMA  
Fonte: Autoria própria (2019).



**Figura 27. Gráfico da previsão para 12 meses para produção de fertilizantes por ARIMA**  
 Fonte: Autoria própria (2019).

A Figura 26 demonstra o ajuste e a previsão realizada pelo método ARIMA, escolhido como mais adequado para este caso. E na Figura 27, o gráfico mostra detalhadamente a previsão realizada, em que observa-se o respeito aos limites do modelo, validando o método escolhido.

Inacio (2013) afirma que os custos de produção de fertilizantes no Brasil são altos devido às más condições da infraestrutura logística e aos valores do frete, que impactam diretamente no preço da matéria-prima. Apesar disso, ainda existe possibilidade de expansão do setor com a exploração de reservas de potássio, em Sergipe e no Amazonas, e de fosfato no Mato Grosso, Santa Catarina, Pará, Minas Gerais e Ceará.

#### 4.2.4 Consumo de Fertilizantes

Na previsão para o consumo de fertilizantes no Brasil ajustou-se, como nos casos anteriores, três modelos diferentes, sendo eles: média móvel simples de comprimento 2, suavização exponencial (ANA) e ARIMA (5, 0, 2).

Percebeu-se, por meio dos valores indicados nas Tabelas 9 e 10, que o método de suavização exponencial apresentou-se como o melhor dentre todos os parâmetros avaliados, sendo seus valores do erro MAPE, U de Theil, AIC e desvios

os menores entre os três modelos ajustados.

**Tabela 9. Comparação de métodos para previsão do consumo**

| Método                        | MAPE   | U de Theil | AIC     |
|-------------------------------|--------|------------|---------|
| Médias móveis (comprimento 2) | 8,31%  | 0,50013    | 1796,20 |
| Suavização exponencial (MNM)  | 7,74%  | 0,48772    | 1805,41 |
| ARIMA (4, 2, 2)               | 13,45% | 0,59479    | 1862,99 |

Fonte: A autoria própria (2019).

**Tabela 10. Comparação entre real e previsto para o consumo**

|                 | Médias móveis<br>(comprimento 2) | Suavização<br>exponencial (ANA) | ARIMA (5, 0, 2) |
|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| <b>Novembro</b> |                                  |                                 |                 |
| Real            | 3220441                          | 3220441                         | 3220441         |
| Previsto        | 4536312                          | 3165917,191                     | 3636845,457     |
| Erro            | -1315871                         | 54523,80937                     | -416404,4573    |
| <b>Dezembro</b> |                                  |                                 |                 |
| Real            | 2369673                          | 2369673                         | 2369673         |
| Previsto        | 4154299                          | 2238500,538                     | 2858143,402     |
| Erro            | -1784626                         | 131172,4624                     | -488470,402     |

Fonte: A autoria própria (2019).

Com base nas Tabelas 9 e 10, o modelo de suavização exponencial foi escolhido como o mais adequado para a previsão do consumo de fertilizantes.

Este apresentou os parâmetros  $\alpha$  (0,78),  $\beta$  (0,00) e  $\gamma$  (0,01), indicando a presença de uma alta variação de nível, que ocorre devido ao consumo de fertilizantes ser maior em períodos de safra; a ausência de tendência e a variação causada pela sazonalidade.

Nota-se, por meio da Figura 28, uma leve tendência de crescimento do consumo ao longo dos anos, mas que não foi significativa o suficiente para ser considerada pelo modelo. Além disso, o modelo de suavização exponencial é o mais adequado a esse caso devido aos dados da série temporal apresentarem um padrão de sazonalidade constante e regular. Conforme Vegro (2018), a comercialização de fertilizantes segue um padrão sazonal que é característico do setor em que concentra-se as vendas no segundo semestre do ano devido ao plantio de culturas de verão, com pico de vendas entre os meses de setembro e outubro e queda máxima geralmente no mês de abril.

A previsão realizada para 12 meses é demonstrada pela Figura 29, em que se evidencia o respeito aos limites superior e inferior para 95% de confiança, além do baixo erro entre os dados reais e previstos nos meses de novembro e dezembro de 2018.

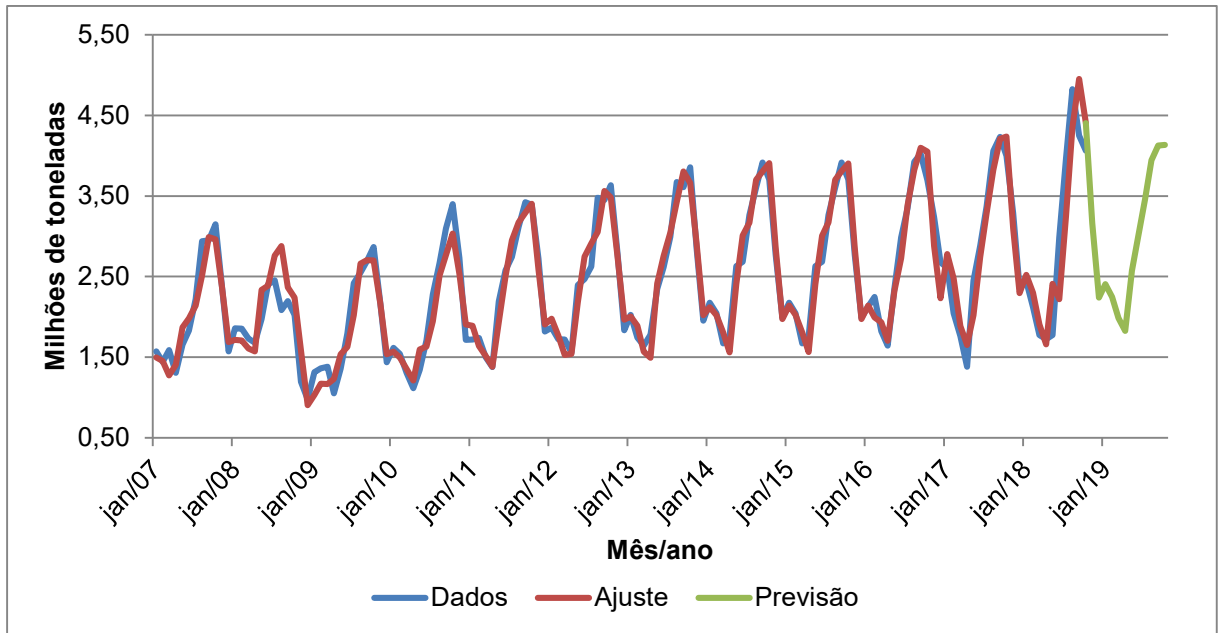


Figura 28. Gráfico do ajuste e previsão de consumo de fertilizantes por suavização exponencial  
Fonte: Autoria própria (2019).

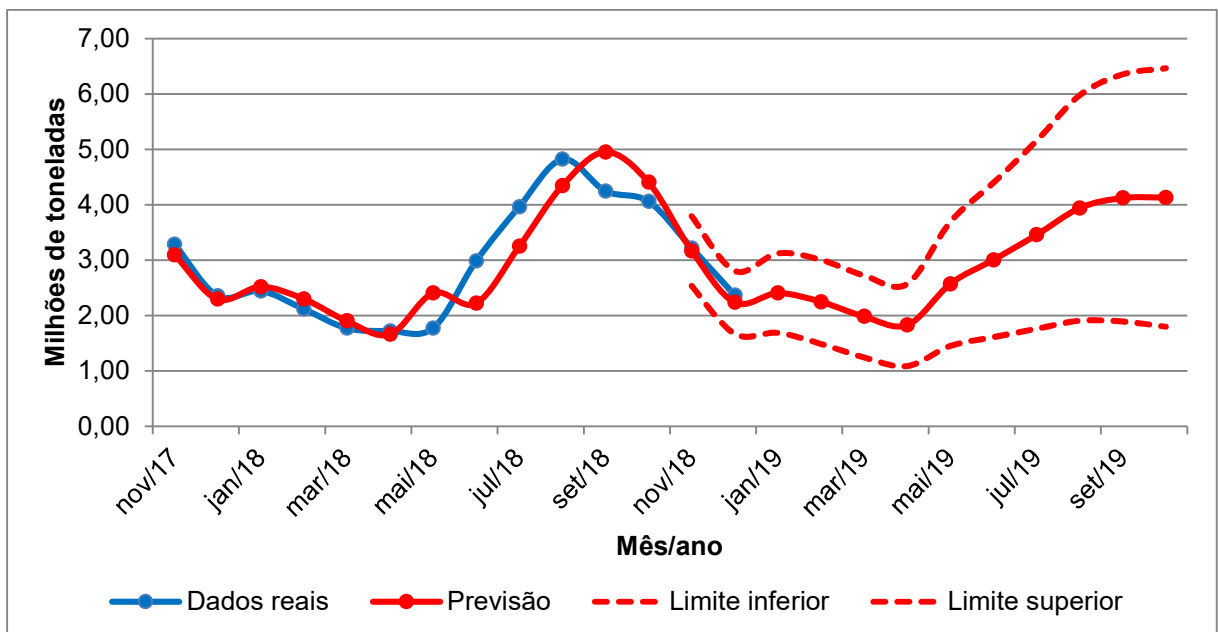


Figura 29. Previsão de 12 meses para consumo de fertilizantes por suavização exponencial  
Fonte: Autoria própria (2019).

Woyakoski (2012) realizou uma análise da demanda de fertilizantes no Brasil por meio da modelagem ARIMA, em que se utilizou dados mensais de janeiro de 1999 a dezembro de 2011. Neste estudo, percebeu-se que a série temporal não apresentava estacionariedade por questões de tendência e sazonalidade. Assim, obteve-se um modelo ARIMA (1, 1, 0), que indica ordem da parte de médias móveis

igual a um ( $p = 1$ ), uma única diferenciação ( $d = 1$ ) e ausência de autocorrelação de resíduos ( $q = 0$ ). Por meio da previsão, realizada até o ano de 2016, o autor observou que a tendência de aumento da demanda por fertilizantes manteve-se persistente.

### 4.3 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

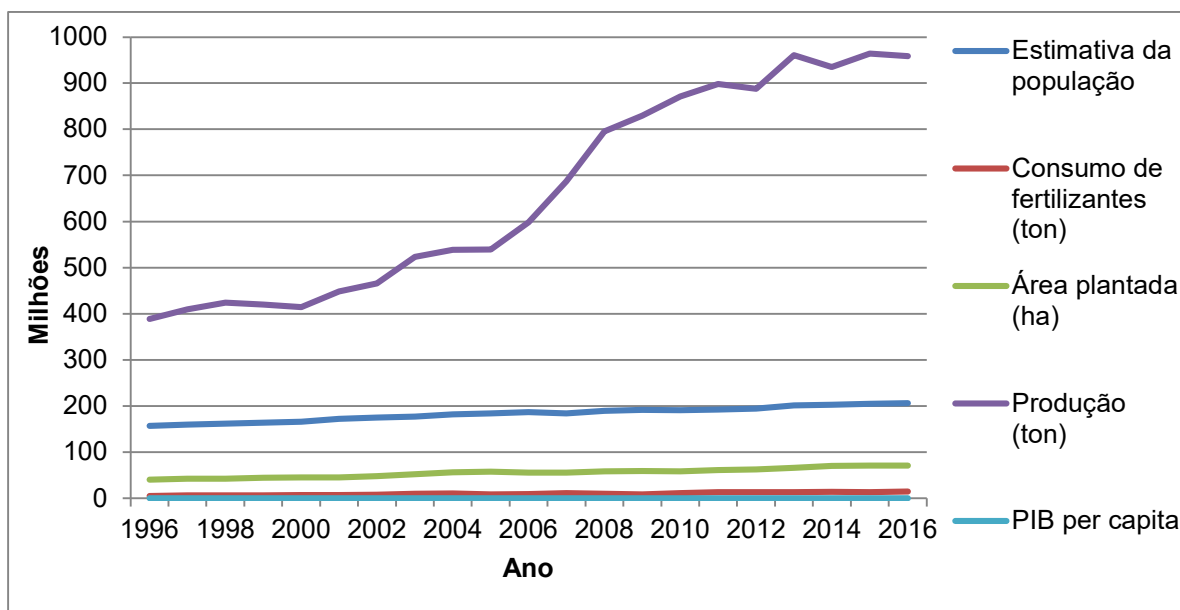
Para dar início ao estudo de regressão linear múltipla, primeiramente definiu-se quais seriam a variável dependente e as variáveis independentes. Segundo Nicolella, Dragone e Bacha (2005), conhece-se muito pouco sobre quais são os determinantes que levam ao aumento do consumo de fertilizantes no Brasil. Com isso, desejou-se encontrar fatores que contribuem para explicar essa demanda.

Dessa forma, utilizou-se como variável dependente dados do consumo de fertilizantes no Brasil ao longo dos anos de 1996 a 2016, coletados de acordo com o descrito na metodologia.

Em relação às variáveis independentes, testadas para validar o modelo de regressão, escolheu-se a área brasileira de plantio de grãos, cana-de-açúcar e algodão; a produção total desses mesmos cultivos; a estimativa da população brasileira e o PIB *per capita*, obtidos ao longo dos anos de 1996 a 2016 por meio de tabelas estatísticas fornecidas pelo IBGE (2019).

Para justificar a escolha dessas variáveis independentes pode-se citar o estudo de Ogasawara *et al.* (2013), que estimou um método de previsão para o consumo de fertilizantes NPK no Brasil, de 2010 a 2030. Este foi realizado por meio da combinação do modelo ARIMA e de técnicas de função logística comparado ao método de regressão linear, com a utilização das variáveis PIB e crescimento populacional brasileiro, considerando três cenários (pessimista, padrão e otimista). O autor reforça a importância dessas variáveis para a previsão do consumo de fertilizantes, que foram testadas neste trabalho. Ainda, Zhang e Zhang (2007) citam que teoricamente, o consumo de fertilizantes é determinado principalmente por variáveis como áreas de cultivo, populações humanas, entre outros fatores.

Os dados utilizados estão presentes no Apêndice A e a Figura 30 apresenta um gráfico comparativo de todas as variáveis utilizadas nessa análise.



**Figura 30. Gráfico de comparação entre variáveis dependente e independentes**  
 Fonte: Adaptado de dados do IBGE (2019) e da FAO (2019).

Inicialmente avaliou-se as correlações existentes entre as variáveis para analisar a relevância de cada uma para o modelo e selecionar quais delas irão compor a regressão. A Tabela 11 mostra os valores do coeficiente de correlação ( $r$ ) para todos os fatores.

**Tabela 11. Coeficiente de correlação para as variáveis analisadas**

|                                | Período | Estimativa da população | Consumo de fertilizantes (ton) | Área plantada (ha) | Produção (ton) | PIB per capita |
|--------------------------------|---------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Período                        | 1,000   |                         |                                |                    |                |                |
| Estimativa da população        | 0,990   | 1,000                   |                                |                    |                |                |
| Consumo de fertilizantes (ton) | 0,945   | 0,925                   | 1,000                          |                    |                |                |
| Área plantada (ha)             | 0,982   | 0,986                   | 0,941                          | 1,000              |                |                |
| Produção (ton)                 | 0,971   | 0,944                   | 0,910                          | 0,935              | 1,000          |                |
| PIB per capita                 | 0,976   | 0,948                   | 0,937                          | 0,960              | 0,970          | 1,000          |

Fonte: Autoria própria (2019).

Observa-se que todos os fatores possuem correlações fortes (maiores que 0,9), indicando que, possivelmente, todos podem entrar na regressão. Dessa forma, testou-se diversos modelos em termos dessas variáveis, com objetivo de encontrar a equação que melhor representa a demanda de fertilizantes minerais no Brasil.

A Tabela 12 apresenta o modelo geral ( $M_0$ ) ajustado por meio da

regressão linear múltipla, além de outros modelos que obtiveram melhores resultados (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub> e M<sub>5</sub>).

**Tabela 12. Modelos de regressão múltipla ajustados**

| Modelo         | Equação   | $\bar{R}^2$ | FIV*   | U de Theil | AIC      |
|----------------|---|-------------|--------|------------|----------|
| M <sub>0</sub> | CF = - 1876960446 + 0,264633 A - 50,51047 PIB<br>- 0,29009 P + 961169,7392 PE - 0,003427 PR | 0,8917      | > 10   | 0,62496    | 645,8141 |
| M <sub>1</sub> | CF = 0,028744 P + 289,3679 PIB  | 0,9366      | 9,925  | 0,72498    | 644,8069 |
| M <sub>2</sub> | CF = 0,117027 A + 210,1411 PIB  | 0,9377      | 12,864 | 0,67136    | 642,6331 |
| M <sub>3</sub> | CF = 0,066468 A + 0,009098 PR   | 0,9337      | 7,933  | 0,79258    | 649,8702 |
| M <sub>4</sub> | CF = 0,409104 A - 0,07078 P   | 0,9364      | 37,134 | 0,68007    | 645,3029 |
| M <sub>5</sub> | CF = 0,30351 A - 3547,57 PE   | 0,9364      | 27,368 | 0,67712    | 645,1240 |

\* valores de FIV para todas as variáveis de cada modelo

Fonte: Autoria própria (2019).

Primeiramente, ajustou-se um modelo (M<sub>0</sub>) com todas as variáveis considerando um coeficiente de intersecção.

De acordo com a Tabela 12, o modelo M<sub>0</sub> obteve coeficiente de determinação ajustado ( $\bar{R}^2$ ) de 0,8917, que significa que 89,17% da variação do consumo de fertilizantes é explicado pela variação da população, área plantada produção, período e PIB *per capita*, além de possuir um valor de U de Theil menor que 1.

Conforme Loesch (2015), uma das formas de testar a significância dos parâmetros do modelo é realizar o teste de hipóteses, em que considera-se como hipótese nula  $\beta_n = 0$ . A aceitação da hipótese nula, quando p-valor é maior que o nível de significância, significa que o parâmetro  $\beta_n$  não é significativo e pode ser desconsiderado do modelo.

Dessa forma, do ponto de vista de qualidade estatística, pode-se dizer que os parâmetros utilizados no modelo M<sub>0</sub> não são estatisticamente relevantes para explicar o consumo de fertilizantes no Brasil, pois os valores de p-valor, observados na Tabela 13, são superiores a 0,05 (nível de significância de 5 %).

Além disso, percebe-se que os coeficientes das variáveis população, PIB *per capita* e produção são negativos, o que contradiz a lógica que o crescimento desses fatores causam um aumento no consumo de fertilizantes.

Conforme Samora (2014), que realizou um estudo de previsão do mercado de pagamentos eletrônicos no Brasil, um possível motivo que origina esses fenômenos é a multicolineariedade, pois esta dificulta a estimação dos coeficientes,

conforme explicado no referencial teórico.

**Tabela 13. Resultado da regressão linear múltipla**

| Variáveis            | Coefficientes | Erro padrão | P-valor  |
|----------------------|---------------|-------------|----------|
| Interseção           | -1876960446   | 1,02E+09    | 0,084883 |
| Área plantada (A)    | 0,264633541   | 0,185644    | 0,174493 |
| Período (PE)         | 961169,7392   | 520687,2    | 0,084726 |
| PIB per capita (PIB) | -50,51047339  | 186,019     | 0,789682 |
| Produção (PR)        | -0,003427259  | 0,005496    | 0,542293 |
| População (P)        | -0,290090496  | 0,176874    | 0,121782 |

Fonte: Autoria própria (2019).

Conforme Montgomery, Peck e Vining (2012), a presença de coeficiente negativo, quando o usuário acredita que deve ter sinal positivo pode ser explicada por alguns motivos como a presença de multicolinearidade, o intervalo de regressores pequeno, a não inclusão de regressores importantes ou erros computacionais. De acordo com Gujarati e Porter (2011), outra razão para a ocorrência da multicolinearidade é tendência comum existente entre os regressores incluídos no modelo.

Isso ocorre neste caso, conforme pode-se observar na Tabela 11, pois todas as correlações entre variáveis independentes são maiores que 0,7, além da tendência sempre crescente para todas as variáveis regressoras. Além disso observa-se na Tabela 12, que o valor do FIV para  $M_0$  é maior que 10 para todas as variáveis, o que indica alta multicolinearidade.

Para corrigir esse efeito, Samora (2014) indica duas maneiras: realizar uma correção dos dados com um estudo aprofundado das variáveis ou retirar os fatores que causam a multicolinearidade. Dessa forma, a fim de reduzir esse efeito, buscou-se testar outros modelos de regressão múltipla. Durante os testes observou-se que modelos ajustados com três ou quatro variáveis independentes também apresentavam problema de multicolinearidade e apenas modelos com duas variáveis, desconsiderando a constante, apresentaram bons resultados, o que resultou nas equações  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ,  $M_4$  e  $M_5$ .

Dentre esses ajustes, notou-se que os modelos  $M_4$  e  $M_5$  também apresentam sinais negativos em seus coeficientes e por isso, não serão detalhados no presente trabalho.

Os erros dos ajustes  $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$  estão presentes na Tabela 14, em que



nota-se valores baixos para todos os cálculos de erro.

**Tabela 14. Erros dos modelos M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> e M<sub>3</sub>**

| Erros                          | M <sub>1</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Erro Médio                     | -6420          | -9238,7        | -65306         |
| Erro Absoluto Médio            | 7,5016E+5      | 7,1777E+5      | 9,27E+5        |
| Erro Percentual Médio          | -1,6753        | -1,5117        | -3,1141        |
| Erro Percentual Absoluto Médio | 8,4047         | 7,8432         | 10,381         |

Fonte: Autoria própria (2019).

Entre os ajustes M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, optou-se por apresentar os resultados do modelo M<sub>3</sub>, pois as variáveis área plantada e produção utilizadas são as que possuem um relação direta com o consumo de fertilizantes. Esse modelo apresentou um  $\bar{R}^2$  de 0,9337, o que significa que apenas 6,63% da variação da demanda de fertilizantes no Brasil não é explicada pelas variáveis área plantada e produção, além de apresentar o menor valor de FIV entre os demais modelos.

A Tabela 15, apresenta o resultado do modelo M<sub>3</sub>.

**Tabela 15. Resultado da regressão M<sub>3</sub>**

| Variáveis          | Coefficientes | Erro padrão | P-valor  |
|--------------------|---------------|-------------|----------|
| Área plantada (ha) | 0,066468      | 0,028249    | 0,029551 |
| Produção (ton)     | 0,009098      | 0,002265    | 0,000737 |

Fonte: Autoria própria (2019).

Observa-se que os p-valores são menores que 0,05, o que indica que os coeficientes do modelo são significativos estatisticamente.

Para fins de ilustração, construiu-se um gráfico do modelo em três dimensões, que está apresentado na Figura 31.

A comparação entre o modelo previsto, os dados reais, bem como uma previsão para o ano de 2017 podem ser observados na Figura 32. A projeção realizada para o consumo de fertilizantes apresentou um valor de aproximadamente 13,9744 milhões de toneladas, que comparado ao valor real do consumo de 2017 (15,9816 milhões de toneladas) possui um erro de 2,0072 milhões de toneladas. Nota-se ainda que os limites inferior e superiores de previsão foram respeitados, indicando que este é um modelo adequado para projeções anuais.

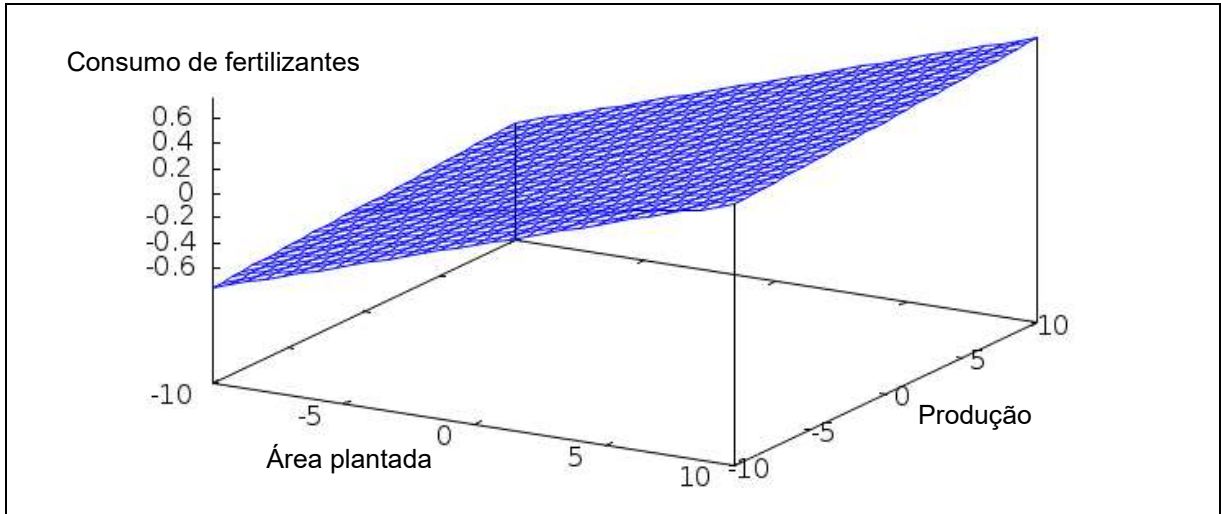


Figura 31. Gráfico em 3D da equação ajustada

Fonte: Autoria própria utilizando Calculadora Online (2019).

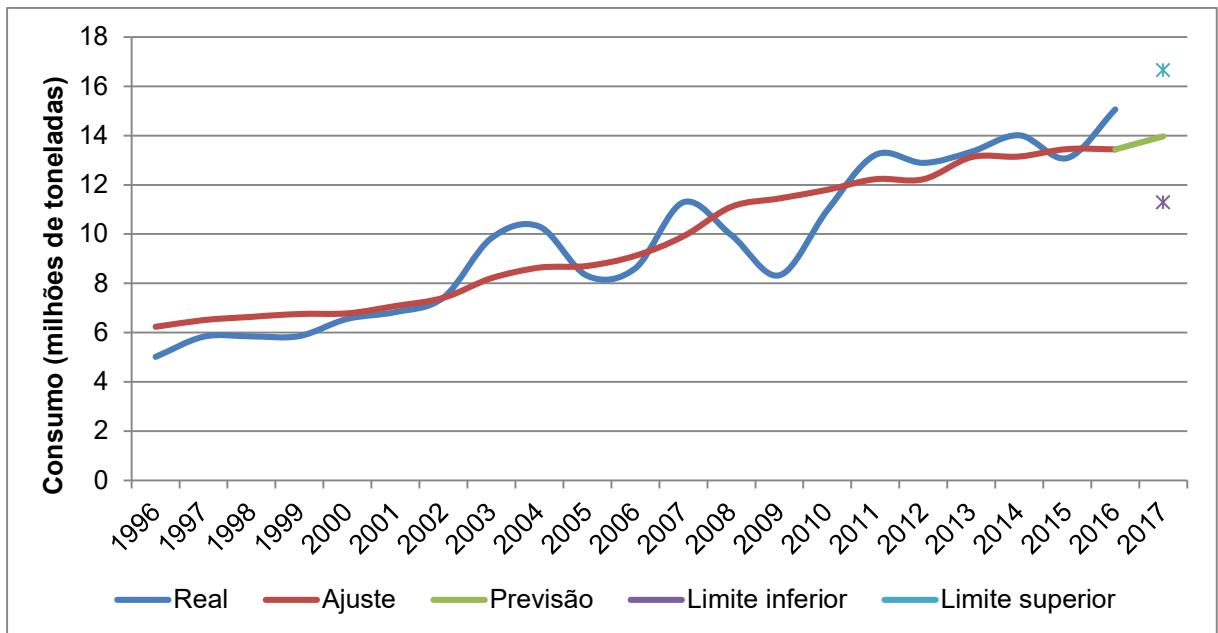


Figura 32. Gráfico de comparação entre o modelo de regressão múltipla ajustado e o consumo real de fertilizantes no Brasil entre os anos de 1996 a 2016 e previsão para o ano de 2017

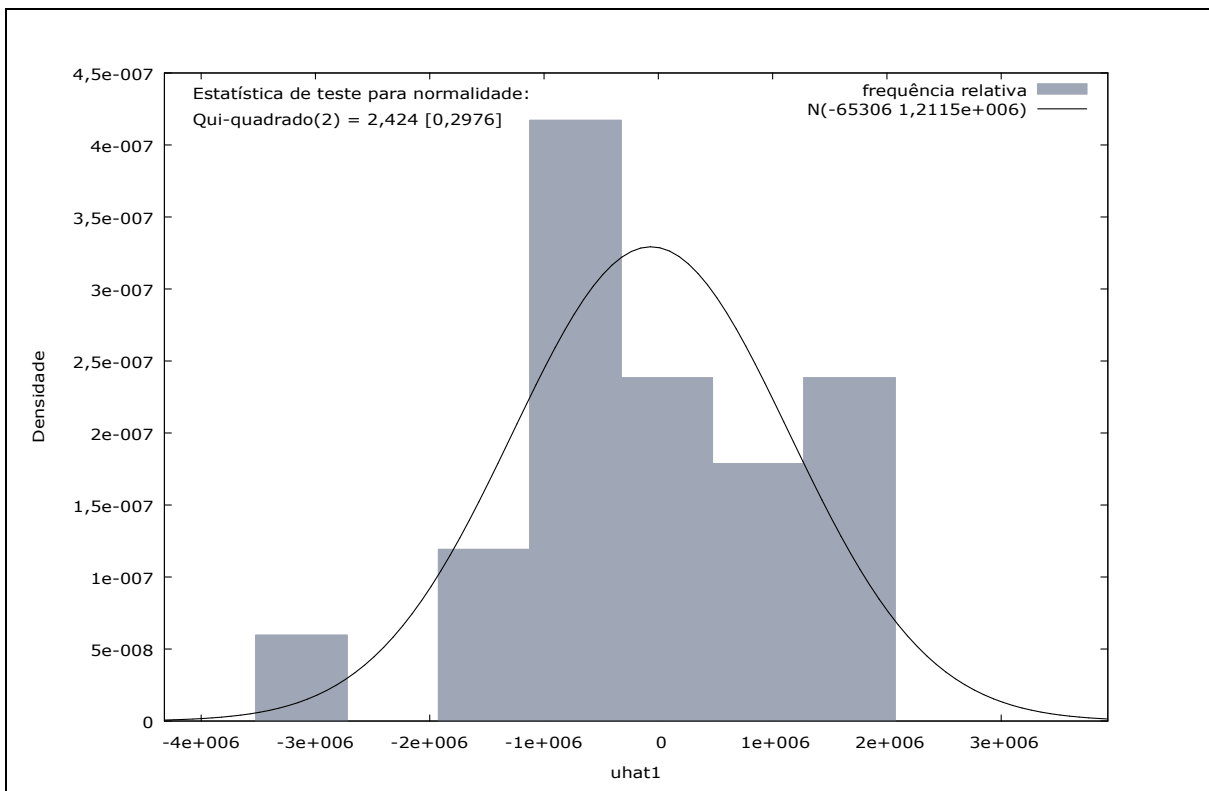
Fonte: Autoria própria (2019).

Por meio do gráfico (Figura 32) observa-se algumas quedas no consumo de fertilizantes, que pode ser um efeito causado pelo próprio preço dos fertilizantes, que sofre com o aumento do preço do petróleo, já que algumas matérias-primas provém do mesmo, e com a variação da taxa de câmbio, pois grande parte dos fertilizantes é importada. Outro fator que contribui com essas quedas é a política de crédito rural criada pelo governo e que sofreu com diversas alterações ao longo dos anos devido a desequilíbrios econômicos (NICOLELLA; DRAGONE; BACHA, 2005).

Segundo Loesch (2015) após o cálculo de regressão normalmente

realiza-se uma análise de resíduos que, conforme Castro Neto (2006), são os desvios entre os valores ajustados e os dados reais utilizados na regressão. Neste contexto, ainda de acordo com Loesch (2015), para a validação do modelo é necessário verificar as seguintes condições: os resíduos do modelo devem seguir uma distribuição normal, os resíduos devem ser aleatórios e não possuir autocorrelação, a variância do resíduos deve ser constante (homocedasticidade) e não deve haver a existência de *outliers*.

Para tanto, realizou-se um teste de normalidade que está apresentado na Figura 33. Neste teste o p-valor foi de 0,298, maior que 0,05, sendo assim, confirmou-se a hipótese nula de que os resíduos do modelo são normais.



**Figura 33. Normalidade dos resíduos obtidos por meio da regressão linear múltipla**  
**Fonte: Autoria própria (2019).**

Por último realizou-se o teste de heterocedasticidade (Teste de White), para verificar se a variância dos resíduos é constante. Este teste apresentou p-valor de 0,610 não rejeitando a hipótese nula de que os resíduos do modelo não possuem heterocedasticidade, sendo assim os resíduos são considerados homocedásticos.

Dessa forma, o modelo de regressão linear múltipla apresentado possui relevante significância, demonstrado por meio do coeficiente de determinação

ajustado, p-valor dos coeficientes, ausência de forte multicolinearidade e da análise de resíduos.

#### 4.3.1 Comparação com Outros Estudos

Para fins de comparação, buscou-se trazer alguns trabalhos que elaboraram modelos de previsão em relação a demanda de fertilizantes com uso do método de mínimos quadrados.

Nicolella, Dragone e Bacha (2005) realizaram um estudo da demanda brasileira de fertilizantes no período de 1970 a 2002, em que estimaram um modelo econométrico com base em variáveis diferentes das utilizadas neste trabalho: preço dos fertilizantes, crédito rural de custeio, área cultivada e índice dos preços recebidos pelos produtores rurais (IPR). Utilizando o método dos mínimos quadrados, os autores obtiveram um melhor resultado quando retirada a variável área do modelo, explicada pela diminuição da expansão do uso de terra, sendo que o valor do  $R^2$  foi de 0,671.

Diferente da pesquisa citada anteriormente, Tenkorang e Lowenberg-DeBoer (2008), realizaram um trabalho referente a demanda de fertilizantes NPK para cada região do mundo com uso de fatores como produção total e quantidade de terra cultivada em uma determinada região, no período de 1961 a 2005. Os autores obtiveram modelos que apresentaram, em sua maioria, valores de  $R^2$  maiores ou próximos a 0,9, exceto para os modelos de consumo de fertilizantes fosfatados para África Subsaariana, Oriente Próximo, América do Norte e Oceania.

Já Profeta e Braga (2010) elaboraram um modelo para demanda utilizando os preços dos fertilizantes NPK, o crédito rural e as exportações agropecuárias como regressores, no período de fevereiro de 1993 a dezembro de 2006. Para a função de demanda obteve-se um  $\bar{R}^2$  de 0,67, além de que todos os coeficientes apresentaram-se significativos e com sinais em conformidade, exceto o coeficiente de crédito rural, que apresentou sinal negativo.

Friedrich (2012) também realizou um estudo dos determinantes do consumo de fertilizantes no Brasil por meio de regressão múltipla, entre os anos de 1970 e 2010, em que considerou preço, área colhida, IPR e crédito de custeio como

variáveis independentes. Nesse caso a variável crédito de custeio apresentou-se negativa e não foi estatisticamente significativa, sendo retirada do modelo. Assim, a equação ajustada obteve  $R^2$  de 0,9062, sendo a área colhida o fator que apresentava maior coeficiente (2,3141), indicando grande variação do consumo de fertilizantes com o aumento da área, resultado semelhante ao que se obteve com a regressão múltipla exposta neste trabalho.

Outra pesquisa realizada na área foi a de Gomes (2014), que estimou um modelo para determinar o número de entregas de fertilizantes para o cultivo de soja no Brasil. Para isto, o autor utilizou dados da área plantada de soja, preço dos fertilizantes por tonelada e produtividade da soja, entre os anos de 1988 a 2012, como regressores. A equação obtida mostrou que as variáveis área plantada e produtividade da soja possuem uma relação direta com o consumo de fertilizantes para essa cultura, enquanto o contrário acontece com a variável preço.

A análise de outros estudos de demanda de fertilizantes com o método dos mínimos quadrados indica que o processo de modelagem varia muito com as variáveis que são utilizadas, mas percebe-se que a maioria levou em consideração principalmente o preço dos fertilizantes, que não foi avaliado neste trabalho, e a área cultivada.

#### 4.4 RESUMO DAS PREVISÕES APRESENTADAS PELOS MODELOS

A Tabela 16 apresenta um resumo das previsões elaboradas para cada uma das variáveis estudadas, entre novembro de 2018 e outubro de 2019, a partir dos modelos considerados mais adequados, apresentados nas seções anteriores.

Em relação a previsão realizada a partir da regressão linear múltipla, obteve-se um melhor resultado com o modelo utilizando a área plantada e a produção total de grãos, de cana-de-açúcar e de algodão como regressores, que apresentou o valor previsto de 13,9744 milhões de toneladas para o ano de 2017.

Para complementar a apresentação dos resultados deste trabalho, os Apêndices B, C, D e E mostram com maiores detalhes das previsões feitas por meio de todos os métodos utilizados, inclusive os não abordados anteriormente.

**Tabela 16. Previsão obtida pelos melhores modelo para cada variável expresso em toneladas**

| Data   | Importação                       |                                    | Exportação                         | Produção        | Consumo                            |
|--------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
|        | Médias móveis<br>(comprimento 2) | Suavização<br>exponencial<br>(ANA) | Suavização<br>exponencial<br>(ANA) | ARIMA (5, 0, 4) | Suavização<br>exponencial<br>(ANA) |
| nov/18 | 2701105                          | 2607067,28                         | 24591,08                           | 740580,47       | 3165917,19                         |
| dez/18 | 2854160                          | 2266535,32                         | 22225,24                           | 713557,87       | 2238500,54                         |
| jan/19 | 2821532                          | 2333916,77                         | 23570,06                           | 694548,96       | 2405786,23                         |
| fev/19 | 2777632,5                        | 2077537,95                         | 14624,36                           | 683891,30       | 2247293,23                         |
| mar/19 | 2837846                          | 2114654,79                         | 11541,23                           | 687884,70       | 1984041,53                         |
| abr/19 | 2799582,25                       | 2353242,09                         | 23946,66                           | 706463,04       | 1830034,43                         |
| mai/19 | 2807739,25                       | 2626249,56                         | 36011,52                           | 734941,38       | 2571739,82                         |
| jun/19 | 2818714,13                       | 2841005,87                         | 48831,12                           | 766380,10       | 3004289,75                         |
| jul/19 | 2803660,75                       | 3009595,18                         | 48316,41                           | 792927,56       | 3458259,70                         |
| ago/19 | 2813226,69                       | 3023000,15                         | 39536,90                           | 807894,91       | 3941374,18                         |
| set/19 | 2811187,44                       | 2892502,17                         | 29086,58                           | 807609,68       | 4124989,51                         |
| out/19 | 2808443,72                       | 2864350,76                         | 16800,55                           | 792371,14       | 4132385,52                         |

**Fonte: Autoria própria (2019).**

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo do mercado de fertilizantes químicos no Brasil por meio de previsões estatísticas, avaliando as variáveis importação, exportação, produção e consumo. Para o alcance desse objetivo geral, buscou-se coletar dados sobre o mercado de fertilizantes NPK, interpretá-los e avaliar os modelos ajustados para cada fator.

Tais modelos foram elaborados a partir dos métodos de médias móveis, suavização exponencial e ARIMA, explanados no referencial teórico, e aplicados em séries históricas mensais de dados dos anos de 2007 e 2018. Além disso ajustou-se uma equação a partir de regressão linear múltipla na tentativa de explicar quais variáveis influenciam no consumo brasileiro de fertilizantes.

Na elaboração das previsões identificou-se a presença de sazonalidade em todas as séries temporais mensais analisadas, de acordo com o que foi demonstrado no item 4.1, além de que todas as previsões apresentaram-se adequadas, pois geraram resultados dentro dos limites de previsão.

Dessa forma, considera-se que o objetivo geral da pesquisa foi atingido, pois organizou-se um referencial teórico (item 2) embasado em vários autores que realizaram estudos na área, além da apresentação de diversos dados sobre a situação atual do mercado de fertilizantes minerais, tanto no mundo, como no Brasil, além da elaboração e comparação das previsões para o mercado brasileiro por meio de quatro métodos diferentes.

Referente aos objetivos específicos, constata-se que os mesmos foram atingidos de acordo com o que foi proposto na metodologia, uma vez que realizou-se uma coleta de dados sobre o mercado de fertilizantes NPK no Brasil, detalhada no item 3.2; elaborou-se previsões e avaliou-se a precisão das mesmas para as quatro variáveis indicadas (importações, exportações, produção e consumo), presentes nos itens 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5; e por fim, utilizou-se o método de regressão linear múltipla para estudar os determinantes do consumo de fertilizantes brasileiro, apresentada no item 4.6, comparado a outras pesquisas feitas, presente no item 4.6.1.

Por fim, notou-se que o mercado nacional de fertilizantes é bastante instável pela alta demanda e pela baixa produção, o que faz do Brasil um país

altamente dependente de importações. Ainda, a partir dos estudos feitos, percebe-se que a tendência do consumo é continuar aumentando o que colabora com a instabilidade desse mercado.

Recomenda-se a elaboração de estudos mais detalhados sobre os determinantes do consumo de fertilizantes, além da realização de pesquisas sobre estratégias alternativas como substituição e/ou utilização em conjunto de fertilizantes NPK e fertilizantes orgânicos, visando equilibrar a falta desses produtos no país. Quanto a trabalhos relacionados a previsões, sugere-se que estes sejam feitos com maior frequência, para um maior acompanhamento do mercado de fertilizantes, visto que é de suma importância para o país.

Por fim, espera-se que os resultados deste trabalho possam contribuir com a construção de estratégias e tomadas de decisões dos agricultores, do governo nacional, de indústrias, cooperativas e demais companhias que trabalham com fertilizantes químicos NPK.



## REFERÊNCIAS

AKAIKE, H.. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions On Automatic Control**, [s.l.], v. 19, n. 6, p.716-723, dez. 1974. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tac.1974.1100705>.

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 3. ed. São Paulo: ANDA, 1998. 35 p. Disponível em: <[http://www.anda.org.br/multimedia/boletim\\_03.pdf](http://www.anda.org.br/multimedia/boletim_03.pdf)>. Acesso em: 02 set. 2018.

ALEXANDRATOS, N.; J. BRUINSMA. 2012. **World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision**. Rome, FAO, 2012 (ESA working paper nº. 12-03).

ANDA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Estatísticas**. 2019. Disponível em: <<http://anda.org.br/estatisticas/>>. Acesso em: 04 fev. 2019.

ANDERSON, D. R.; SWEENEY, D. J.; WILLIAMS, T. A. **Estatística aplicada à administração e economia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

ANDRADE, J. E. P. *et al.* **A indústria de fertilizantes**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.1 , p. 94-109, jul. 1995. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/8558>>. Acesso em: 02 set. 2018.

BAIOCCHI, G.; DISTASO, W. Gretl: Econometric software for the GNU generation. **Journal Of Applied Econometrics**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.105-110, jan. 2003. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jae.704>.

BARBETTA, P. A.; REIS, M. M.; BORNIA, A. C. **Estatística para cursos de engenharia e informática**. São Paulo: Atlas, 2010.

BOBATO, T. R. **Vulnerabilidade do mercado brasileiro de fertilizantes minerais**. 2016. 24 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-graduação em Gestão do Agronegócio, Departamento de Economia Rural e Extensão, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/1884/52499>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

BOTEON, M.; LACERDA, M. P. Análise do impacto dos preços de fertilizantes no setor hortifrutícola. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 47., 2009, Porto Alegre. **Anais eletrônicos**. Porto Alegre: 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/1243.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 4954, de 14 de janeiro de 2004. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/decreto-4954-2004-com-alteracoes-do-dec-8384-2014-planalto.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei nº 6894, de 16 de dezembro de 1980. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/lei-6894-de-16-12-80-alterada-pela-lei-12890-2013.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

BUENO, R. L. S. **Econometria de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

CALCULADORA ONLINE. **Calculadora gráfica 3D**. 2019. Disponível em: <<http://www.calculadoraonline.com.br/grafica-avancada>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

CAMARGO, M. S. A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v. 9, n. 2, jul/dez. 2012. Disponível em: <<http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2012/julho-dezembro-2/1317-a-importancia-do-uso-de-fertilizantes-para-o-meio-ambiente/file.html>>. Acesso em: 02 set. 2018.

CARDOSO, A. **Fundamentos da pesquisa operacional**. Minas Gerais: UNIFAL, 2011.

CASTRO NETO, S. M.. **Proposição de um modelo de regressão para a previsão do índice Ibovespa**. 2006. 130 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://pro.poli.usp.br/trabalho-de-formatura/proposicao-de-um-modelo-de-regressao-para-a-previsao-do-indice-ibovespa/>>. Acesso em: 09 maio 2019.

CELLA, D.; ROSSI, M. C. L. Análise do mercado de fertilizantes no Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, [s. l.], v. 7, n. 1, p.41-50, 2010.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

COSTA, L. M.; SILVA, M. F. O. **A indústria química e o setor de fertilizantes**. In: BNDES 60 anos: perspectivas setoriais. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2012. p. 12-60. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2025>>. Acesso em: 02 set. 2018.

COTTRELL, A.; LUCCHETTI, R. J. **Gretl user's guide**: gnu regression, econometrics and time-series library. 2019. Disponível em: <<http://gretl.sourceforge.net/gretl-help/gretl-guide.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2019.

\_\_\_\_\_. **Software gretl**. 2019. Disponível em: <<http://gretl.sourceforge.net/>>. Acesso em: 06 jun. 2019.

D'ALTORIO, T. **What to expect for future potash prices**. 2010. Disponível em: <<https://www.investimentu.com/article/detail/16222/potash-prices#.W98s6tVKjIU>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. **Fertilizantes**: uma visão global sintética. BNDES Setorial, n. 24, p. 97-138, set. 2006. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2657>> Acesso em: 31 ago. 2018.

EHLERS, R. S. **Análise de séries temporais**. Curitiba: UFPR, 2005. Disponível em: <<http://leg.est.ufpr.br/~ehlers/notas>>. Acesso em: 12 out. 2018.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília: Embrapa, 2018. 212 p.

EMILIANO, P. C. *et al.* Critérios de informação de Akaike versus Bayesiano: análise comparativa. In: 19º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística - SINAPE, 2010, São Pedro. **Anais...** . São Pedro: Abe, 2010. Disponível em: <<http://www.ime.unicamp.br/sinape/19sinape/node/615>>. Acesso em: 25 maio 2019.

EQUIPE ESTATCAMP. **Software Action**. Versão 3.5.152.34 build 4. São Carlos: Estatcamp - Consultoria em estatística e qualidade, 2018. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/>>. Acesso em: 6 jun. 2019.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. Base de dados da FAOSTAT. **Fertilizantes por nutriente**. 2019. Disponível em: <<http://FAO.fao.org/>>. Acesso em: 04 fev. 2019.

FERNANDES, E.; GUIMARÃES, B. A.; MATHEUS, R. R. **Principais empresas e grupos brasileiros do setor de fertilizantes**. BNDES Setorial, n. 29, p. 203-227, mar. 2009. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2667>>. Acesso em: 08 set. 2018.

FERREIRA, C. R. R. P. T. *et al.* Sazonalidade das importações e das entregas mensais de fertilizantes no Brasil, 1985-92. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 10, out. 1994. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=1380>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

FRIEDRICH, M. **Uma análise da demanda por fertilizantes no Brasil no período de 1970 a 2010**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Economia do Desenvolvimento, Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia, PUCRS, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/3936>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

GALVÃO, João Carlos Cardoso *et al.* Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 61, n. , p.819-828, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201461000007>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

\_\_\_\_\_. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODFRAY, H. C. J. *et al.* Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, [s.l.], v. 327, n. 5967, p.812-818, 28 jan. 2010. American Association for the Advancement of Science (AAAS).  
<http://dx.doi.org/10.1126/science.1185383>.

GOLÇALVES, C. F. F. **Estatística**. Londrina: Ed. UEL, 2002.

GOMES, C. D. **Determinantes das vendas de fertilizantes para a soja no Brasil de 1988 a 2012**. 2014. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia e Gestão do Agronegócio, Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10438/11504>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

GUTIÉRREZ, J.L.C.; ROMANEL, C. Aplicação de redes neurais na previsão de vazão através da fundação da ombreira esquerda da barragem de Corumbá-I. In: XXV Seminário Nacional de Grandes Barragens, 2003, Salvador. **Anais...**, Salvador: 2003. p. 1- 14.

HOFFMANN, R. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. 5. ed. Piracicaba: O Autor, 2016. Disponível em: <<http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/download/73/64/310-1?inline=1>>. Acesso em: 27 mai. 2019.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: principles and practice**. 2. ed. O Texts: Austrália, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de tabelas estatísticas do IBGE**. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 04 fev. 2019.

IFA – ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE FERTILIZANTES. Base de dados da IFASTAT. **Produção, consumo, importação de exportação de fertilizantes**. 2018. Disponível em: <<https://www.IFA.org/>>. Acesso em: 07 set. 2018.

INACIO, S. R. F. **Produção e comercialização de insumos para produção de fertilizantes: um panorama mundial e os paradigmas do Brasil**. Piracicaba: ESALQ-LOG, 2013. Disponível em: <<https://esalqlog.esalq.usp.br/inacio-s-r-f-producao-e->

comercializacao-de-insumos-para-producao-de-fertilizantes-um-panorama-mundial-e-os-paradigmas-do-brasil-2013>. Acesso em: 03 jun. 2019.

KAUARK, F.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa**: guia prático. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica**. 25. ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

KRONENBERGER, G.; ALBUQUERQUE, G. A. S. C.. Perspectivas da indústria de fertilizantes no Brasil. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 08. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2000. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/914>>. Acesso em: 02 set. 2018.

KRÜGER, O. Recycled fertilizers: Do we need new regulations and analytical methods?. **Waste Management**, [s.l.], v. 50, p.1-2, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.017>.

LACERDA, M. P. Por que os fertilizantes subiram tanto? **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, n. 77, p.8-15, mar. 2009. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/porque-os-fertilizantes-subiram-tanto.aspx>>. Acesso em: 06 jun. 2019.

LOESCH, C. **Probabilidade e Estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: LAPIDO-LOUREIRO, Francisco Eduardo de V.; MELAMED, Ricardo; FIGUEIREDO NETO, Jackson de (Ed.). **Fertilizantes**: agroindústria e sustentabilidade. Rio de Janeiro: CETEM, 2008. Cap. 1. p. 33-79.

LUSTOSA, L. *et al.* **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elviesier, 2008.

MADDALA, G. S. **Introduction to econometrics**. 2. ed. New York: Macmillan Publishing, 1992.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. **Forecasting: methods and applications**. 3. ed., New York: John Wiley & Sons, 1998.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F. ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2000.

MALINGREAU, J-P; EVA, H.; MAGGIO, A. **NPK: Will there be enough plant nutrients to feed a world of 9 billion in 2050?** Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012. 30 p.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, G. A. **Estatística geral e aplicada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

MATOS, O. C. **Econometria básica: teoria e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MICROSOFT. **Planilha Microsoft Excel**. Versão 2007. Disponível em: <<https://products.office.com/pt-br/excel>>. Acesso em: 06. jun. 2019.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. **Introduction to linear regression analysis**. 5. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2012.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

MUCELIN, C. A. **Estatística**. Curitiba: Editora do Livro Técnico, 2010.

NICOLELLA, A. C.; DRAGONE, D. S.; BACHA, C. J. C. Determinantes da demanda de fertilizantes no Brasil no período de 1970 a 2002. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s.l.], v. 43, n. 1, p.81-100, mar. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-20032005000100005>.

NNQ – NÚCLEO DE NORMALIZAÇÃO E QUALIMETRIA. **Software NNQ - Estatística**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019. Disponível em: <<http://qualimetria.ufsc.br/publicacoes/software/previsao/>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

OECD/FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2010-2019. **Oecd-fao agricultural outlook**, [s.l.], 1 jun. 2010. OECD Publishing.

\_\_\_\_\_. OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024. **Oecd-fao agricultural outlook**, [s.l.], 1 jul. 2015. OECD Publishing. [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2015-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en).

OGASAWARA, E. *et al.* A forecasting method for fertilizers consumption in Brazil. **International Journal Of Agricultural And Environmental Information Systems**, [s.l.], v. 4, n. 2, p.23-36, abr. 2013. IGI Global. <http://dx.doi.org/10.4018/jaeis.2013040103>.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PORTAL ACTION. **Sobre o Action Stat**. 2018. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/sobre-o-action> >. Acesso em: 07 out. 2018.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: ESALQ, 2009.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PROFETA, G. A.; BRAGA, M. J. Poder de mercado na indústria brasileira de fertilizantes NPK (04-14-08), no período de 1993-2006. **Revista de Economia e**



**Sociologia Rural**, [s.l.], v. 49, n. 4, p.837-856, dez. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-20032011000400002>.

REETZ, H. **Fertilizantes e seu uso eficiente**. São Paulo: ANDA, 2017. 178 p. Disponível em: <<http://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

ROSSI, J. W.; NEVES, C. **Econometria e séries temporais com aplicações a dados da economia brasileira**. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

SAMORA, P. H. B. **Previsão do mercado de pagamentos eletrônicos brasileiro por regressão múltipla**. 2014. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. Disponível em: <[http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180830/tce-24022015-154901/publico/Samora\\_Pedro\\_Henrique\\_Bianchi.pdf](http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180830/tce-24022015-154901/publico/Samora_Pedro_Henrique_Bianchi.pdf)>. Acesso em: 09 maio 2019.

SARTORIS, A. **Estatística e introdução à econometria**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, L. T.; DANTAS, T. M. **Previsão de seguros de automóveis utilizando modelagem estrutural**. 2009. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Estatística, Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <[http://www2.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/PREVIS%C3%83O%20DE%20SEGUROS%20DE%20AUTOM%C3%93VEIS%20UTILIZANDO%20MODELAGEM%20ESTRUTURAL\\_0.pdf](http://www2.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/PREVIS%C3%83O%20DE%20SEGUROS%20DE%20AUTOM%C3%93VEIS%20UTILIZANDO%20MODELAGEM%20ESTRUTURAL_0.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2019.

SILVA, D. R. G.; LOPES, A. S. **Princípios básicos para formulação e mistura de fertilizantes**. Lavras: UFLA, 2012. 46 p. Disponível em: <<http://livraria.editora.ufla.br/upload/boletim/tecnico/boletim-tecnico-89.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

SOBRAL, T. E. L.; BARRETO, G. Análise dos critérios de informação para a seleção de ordem em modelos auto-regressivos. **Dincon'11**, [s.l.], p.379-382, 2011. SBMAC. <http://dx.doi.org/10.5540/dincon.2011.001.1.0097>.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 3. ed. São Paulo: Pearson Makron Boks, 2009.

TALLARICO, L. F. T. Previsão a curto prazo. **Revista de Administração de Empresas**, [s.l.], v. 8, n. 27, p.55-72, jun. 1968. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-75901968000200002>.

TAVARES, M. F. F.; HABERLI JUNIOR, C. O mercado de fertilizantes no Brasil e as influências mundiais. **Central de Cases**, s. l., out. 2011. Disponível em: <<http://www2.espm.br/pesquisa/central-de-cases/banco-de-casos>>. Acesso em: 11 out. 2018.

TENKORANG, F.; LOWENBERG-DEBOER, J. Forecasting long-term global fertilizer demand. **Nutrient Cycling In Agroecosystems**, [s.l.], v. 83, n. 3, p.233-247, 5 out. 2008. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-008-9214-y>.

THEIL, H. **Applied economic forecasting**, Amsterdam: North-Holland, 1966.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. Itajubá: UNIFEI, 2012.

VAN ITTERSUM, M. K. *et al.* Yield gap analysis with local to global relevance: a review. **Field Crops Research**, [s.l.], v. 143, p.4-17, mar. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009>.

VEGRO, Celso Luis Rodrigues. Mercado de fertilizantes: aumento das importações preocupa. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 13, n. 4, p.1-5, abr. 2018. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14447>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

VERÍSSIMO, Andrey Jonas *et al.* Métodos estatísticos de suavização exponencial Holt-Winters para previsão de demanda em uma empresa do setor metal mecânico. **Revista Gestão Industrial**, [s.l.], v. 8, n. 4, 8 fev. 2013. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/s1808-04482012000400009>.

WOOLDRIDGE, J. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

WOYAKOSKI, J. F. G. **Análise da demanda de fertilizantes no Brasil**: um estudo econométrico através da modelagem ARIMA. 2012. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Econômicas) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Letras (Campus de Araraquara), 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/121766>>.

ZHANG, W.; ZHANG, X. A forecast analysis on fertilizers consumption worldwide. **Environmental Monitoring And Assessment**, [s.l.], v. 133, n. 1-3, p.427-434, 8 fev. 2007. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-006-9597-7>.

## APÊNDICE A - DADOS UTILIZADOS NA REGRESSÃO MÚLTIPLA

| Período | Estimativa da população | Consumo de fertilizantes (ton) | Área plantada (ha) | Produção (ton) | PIB per capita |
|---------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------|----------------|
| 1996    | 157070163               | 5020000                        | 40737878           | 389025979      | 5251,15        |
| 1997    | 159636413               | 5839900                        | 41937402           | 409213629      | 5760,90        |
| 1998    | 161790311               | 5851100                        | 42000656           | 424216972      | 5975,32        |
| 1999    | 163947554               | 5869780                        | 44193269           | 420214039      | 6391,69        |
| 2000    | 166112518               | 6568000                        | 45331936           | 414618263      | 6913,25        |
| 2001    | 172385826               | 6838000                        | 45195859           | 448329569      | 7480,76        |
| 2002    | 174632960               | 7432195                        | 47941313           | 465458827      | 8351,02        |
| 2003    | 176871437               | 9844097                        | 51965717           | 523117701      | 9511,45        |
| 2004    | 181581024               | 10313684                       | 56323989           | 538293129      | 10703,27       |
| 2005    | 184184264               | 8305780                        | 57358101           | 539153369      | 11723,33       |
| 2006    | 186770562               | 8624928                        | 55392599           | 598355185      | 12861,71       |
| 2007    | 184014516               | 11295628                       | 55215702           | 686969631      | 14357,77       |
| 2008    | 189612814               | 9964162                        | 58316959           | 795674692      | 16236,43       |
| 2009    | 191506729               | 8330005                        | 58814551           | 829111719      | 17221,10       |
| 2010    | 190732694               | 10989988                       | 58414476           | 870797450      | 19876,68       |
| 2011    | 192379287               | 13227029                       | 61232706           | 898087743      | 22170,46       |
| 2012    | 193976530               | 12893481,65                    | 62440364           | 888069056      | 24165,33       |
| 2013    | 201062789               | 13351594                       | 66040025           | 960451083      | 26521,15       |
| 2014    | 202799518               | 14018650                       | 69885128           | 935152753      | 28500,24       |
| 2015    | 204482459               | 13096056                       | 70555305           | 964172684      | 29117,47       |
| 2016    | 206114067               | 15069319                       | 71102597           | 958800682      | 30407,00       |

Fonte: IBGE (2019) e FAO (2019).

## APÊNDICE B - PREVISÕES PARA IMPORTAÇÃO

Ajuste de médias móveis:

| Medidas de acurácia |             | Comprimento da Média |
|---------------------|-------------|----------------------|
| MAPE                | 9,272823185 | 2                    |
| MAD                 | 128036,2429 |                      |
| MSD                 | 23427173535 |                      |

| <i>Tabela das Estimativas</i> |         |           |           |        |         |          |          |
|-------------------------------|---------|-----------|-----------|--------|---------|----------|----------|
| Data                          | Dados   | Ajuste    | Resíduos  | Data   | Dados   | Ajuste   | Resíduos |
| jan/07                        | 1219427 |           |           | ago/09 | 1714264 | 1453979  | 260285,5 |
| fev/07                        | 983309  | 1101368   | -118059   | set/09 | 1630922 | 1672593  | -41671   |
| mar/07                        | 1256058 | 1119683,5 | 136374,5  | out/09 | 1245037 | 1437980  | -192943  |
| abr/07                        | 1118425 | 1187241,5 | -68816,5  | nov/09 | 920715  | 1082876  | -162161  |
| mai/07                        | 1421348 | 1269886,5 | 151461,5  | dez/09 | 955535  | 938125   | 17410    |
| jun/07                        | 1629874 | 1525611   | 104263    | jan/10 | 836180  | 895857,5 | -59677,5 |
| jul/07                        | 1737374 | 1683624   | 53750     | fev/10 | 788283  | 812231,5 | -23948,5 |
| ago/07                        | 1677626 | 1707500   | -29874    | mar/10 | 827939  | 808111   | 19828    |
| set/07                        | 1750713 | 1714169,5 | 36543,5   | abr/10 | 1085050 | 956494,5 | 128555,5 |
| out/07                        | 1655166 | 1702939,5 | -47773,5  | mai/10 | 1081822 | 1083436  | -1614    |
| nov/07                        | 1729875 | 1692520,5 | 37354,5   | jun/10 | 1327830 | 1204826  | 123004   |
| dez/07                        | 1350659 | 1540267   | -189608   | jul/10 | 1262291 | 1295061  | -32769,5 |
| jan/08                        | 1330402 | 1340530,5 | -10128,5  | ago/10 | 1666788 | 1464540  | 202248,5 |
| fev/08                        | 1310599 | 1320500,5 | -9901,5   | set/10 | 1821183 | 1743986  | 77197,5  |
| mar/08                        | 1495482 | 1403040,5 | 92441,5   | out/10 | 1835086 | 1828135  | 6951,5   |
| abr/08                        | 1140868 | 1318175   | -177307   | nov/10 | 1621011 | 1728049  | -107038  |
| mai/08                        | 1577379 | 1359123,5 | 218255,5  | dez/10 | 1116183 | 1368597  | -252414  |
| jun/08                        | 1767461 | 1672420   | 95041     | jan/11 | 1556861 | 1336522  | 220339   |
| jul/08                        | 1980664 | 1874062,5 | 106601,5  | fev/11 | 1228778 | 1392820  | -164042  |
| ago/08                        | 1692022 | 1836343   | -144321   | mar/11 | 1371108 | 1299943  | 71165    |
| set/08                        | 1446427 | 1569224,5 | -122797,5 | abr/11 | 1511248 | 1441178  | 70070    |
| out/08                        | 1037023 | 1241725   | -204702   | mai/11 | 1738641 | 1624945  | 113696,5 |
| nov/08                        | 465566  | 751294,5  | -285728,5 | jun/11 | 1660908 | 1699775  | -38866,5 |
| dez/08                        | 143118  | 304342    | -161224   | jul/11 | 2053090 | 1856999  | 196091   |
| jan/09                        | 182515  | 162816,5  | 19698,5   | ago/11 | 1857000 | 1955045  | -98045   |
| fev/09                        | 221997  | 202256    | 19741     | set/11 | 2025838 | 1941419  | 84419    |
| mar/09                        | 397312  | 309654,5  | 87657,5   | out/11 | 1969871 | 1997855  | -27983,5 |
| abr/09                        | 712515  | 554913,5  | 157601,5  | nov/11 | 1672330 | 1821101  | -148771  |
| mai/09                        | 942887  | 827701    | 115186    | dez/11 | 1205396 | 1438863  | -233467  |
| jun/09                        | 903413  | 923150    | -19737    | jan/12 | 1306023 | 1255710  | 50313,5  |
| jul/09                        | 1193693 | 1048553   | 145140    | fev/12 | 791340  | 1048682  | -257342  |

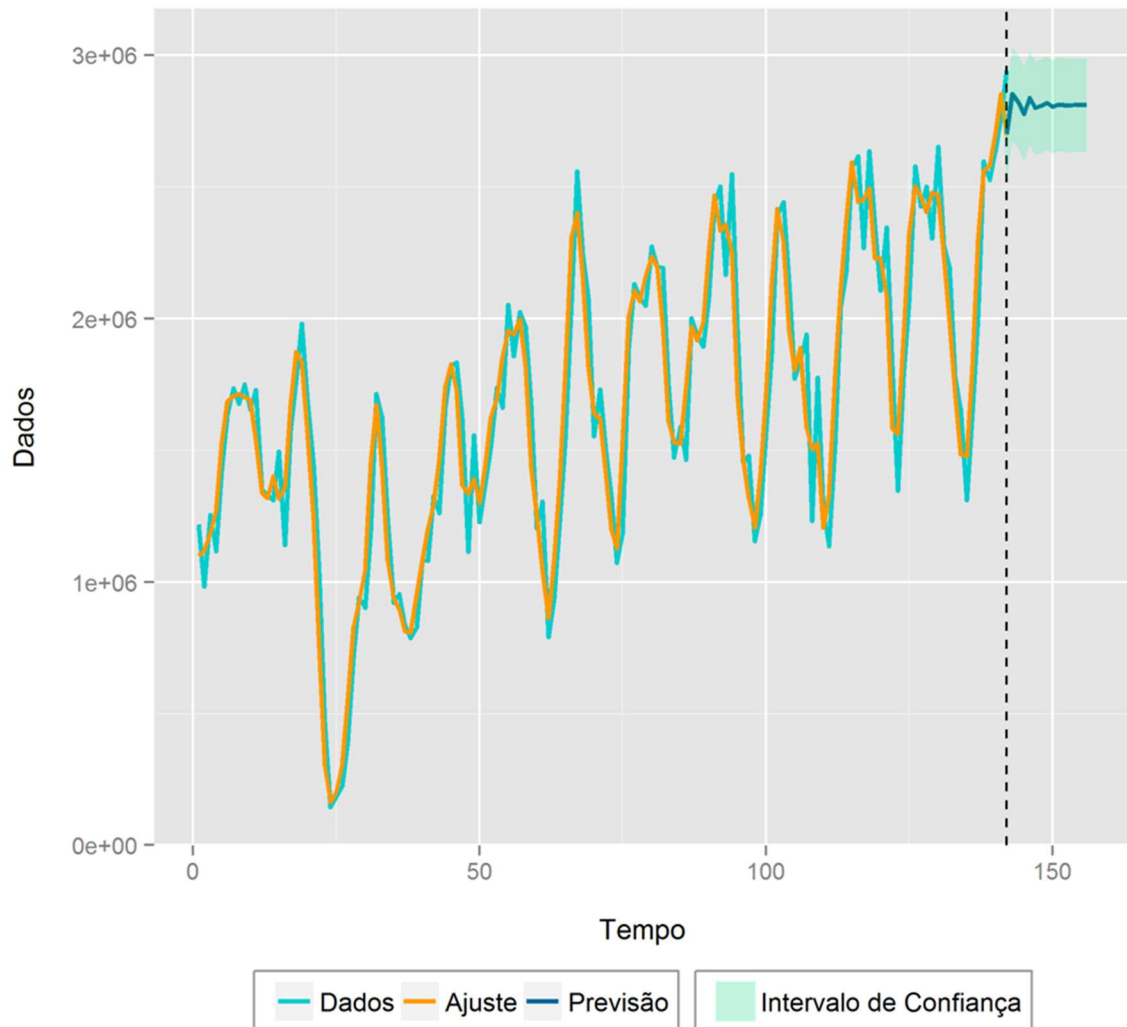
**Tabela das Estimativas**

| <b>Data</b> | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> | <b>Data</b> | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> |
|-------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| mar/12      | 939092       | 865216        | 73876           | jul/15      | 2443319      | 2417536       | 25783           |
| abr/12      | 1230921      | 1085006,5     | 145914,5        | ago/15      | 2137657      | 2290488       | -152831         |
| mai/12      | 1540574      | 1385747,5     | 154826,5        | set/15      | 1772134      | 1954896       | -182762         |
| jun/12      | 2062762      | 1801668       | 261094          | out/15      | 1838898      | 1805516       | 33382           |
| jul/12      | 2558544      | 2310653       | 247891          | nov/15      | 1941398      | 1890148       | 51250           |
| ago/12      | 2244961      | 2401752,5     | -156791,5       | dez/15      | 1232042      | 1586720       | -354678         |
| set/12      | 2079357      | 2162159       | -82802          | jan/16      | 1776138      | 1504090       | 272048          |
| out/12      | 1553573      | 1816465       | -262892         | fev/16      | 1276884      | 1526511       | -249627         |
| nov/12      | 1733080      | 1643326,5     | 89753,5         | mar/16      | 1135881      | 1206383       | -70501,5        |
| dez/12      | 1505007      | 1619043,5     | -114036,5       | abr/16      | 1522312      | 1329097       | 193215,5        |
| jan/13      | 1324901      | 1414954       | -90053          | mai/16      | 2044954      | 1783633       | 261321          |
| fev/13      | 1073056      | 1198978,5     | -125922,5       | jun/16      | 2177677      | 2111316       | 66361,5         |
| mar/13      | 1183820      | 1128438       | 55382           | jul/16      | 2569663      | 2373670       | 195993          |
| abr/13      | 1890331      | 1537075,5     | 353255,5        | ago/16      | 2616133      | 2592898       | 23235           |
| mai/13      | 2132354      | 2011342,5     | 121011,5        | set/16      | 2268806      | 2442470       | -173664         |
| jun/13      | 2081518      | 2106936       | -25418          | out/16      | 2635564      | 2452185       | 183379          |
| jul/13      | 2048952      | 2065235       | -16283          | nov/16      | 2355063      | 2495314       | -140251         |
| ago/13      | 2275371      | 2162161,5     | 113209,5        | dez/16      | 2106418      | 2230741       | -124323         |
| set/13      | 2197032      | 2236201,5     | -39169,5        | jan/17      | 2346993      | 2226706       | 120287,5        |
| out/13      | 2193848      | 2195440       | -1592           | fev/17      | 1822276      | 2084635       | -262359         |
| nov/13      | 1744617      | 1969232,5     | -224615,5       | mar/17      | 1347235      | 1584756       | -237521         |
| dez/13      | 1473022      | 1608819,5     | -135797,5       | abr/17      | 1781568      | 1564402       | 217166,5        |
| jan/14      | 1588722      | 1530872       | 57850           | mai/17      | 2064023      | 1922796       | 141227,5        |
| fev/14      | 1463735      | 1526228,5     | -62493,5        | jun/17      | 2578428      | 2321226       | 257202,5        |
| mar/14      | 2002056      | 1732895,5     | 269160,5        | jul/17      | 2425164      | 2501796       | -76632          |
| abr/14      | 1939171      | 1970613,5     | -31442,5        | ago/17      | 2502899      | 2464032       | 38867,5         |
| mai/14      | 1894689      | 1916930       | -22241          | set/17      | 2305329      | 2404114       | -98785          |
| jun/14      | 2081333      | 1988011       | 93322           | out/17      | 2654249      | 2479789       | 174460          |
| jul/14      | 2433561      | 2257447       | 176114          | nov/17      | 2280125      | 2467187       | -187062         |
| ago/14      | 2502535      | 2468048       | 34487           | dez/17      | 2197199      | 2238662       | -41463          |
| set/14      | 2166296      | 2334415,5     | -168119,5       | jan/18      | 1785030      | 1991115       | -206085         |
| out/14      | 2548063      | 2357179,5     | 190883,5        | fev/18      | 1658156      | 1721593       | -63437          |
| nov/14      | 1960305      | 2254184       | -293879         | mar/18      | 1311750      | 1484953       | -173203         |
| dez/14      | 1455134      | 1707719,5     | -252585,5       | abr/18      | 1644796      | 1478273       | 166523          |
| jan/15      | 1480952      | 1468043       | 12909           | mai/18      | 2003850      | 1824323       | 179527          |
| fev/15      | 1156590      | 1318771       | -162181         | jun/18      | 2597515      | 2300683       | 296832,5        |
| mar/15      | 1256067      | 1206328,5     | 49738,5         | jul/18      | 2526157      | 2561836       | -35679          |
| abr/15      | 1570816      | 1413441,5     | 157374,5        | ago/18      | 2635849      | 2581003       | 54846           |
| mai/15      | 1865673      | 1718244,5     | 147428,5        | set/18      | 2766361      | 2701105       | 65256           |
| jun/15      | 2391753      | 2128713       | 263040          | out/18      | 2941959      | 2854160       | 87799           |

Previsão com médias móveis:

| Data   | Limite inf. | Previsão   | Limite sup. | Data   | Limite inf. | Previsão    | Limite sup. |
|--------|-------------|------------|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|
| nov/18 | 2523226,43  | 2701105    | 2878983,57  | mai/19 | 2629860,68  | 2807739,25  | 2985617,82  |
| dez/18 | 2676281,43  | 2854160    | 3032038,57  | jun/19 | 2640835,56  | 2818714,125 | 2996592,69  |
| jan/19 | 2643653,43  | 2821532    | 2999410,57  | jul/19 | 2625782,18  | 2803660,75  | 2981539,32  |
| fev/19 | 2599753,93  | 2777632,5  | 2955511,07  | ago/19 | 2635348,12  | 2813226,688 | 2991105,25  |
| mar/19 | 2659967,43  | 2837846    | 3015724,57  | set/19 | 2633308,87  | 2811187,438 | 2989066,00  |
| abr/19 | 2621703,68  | 2799582,25 | 2977460,82  | out/19 | 2630565,15  | 2808443,719 | 2986322,28  |

### Suavização Exponencial - Médias Móveis Simples



## Ajuste com suavização exponencial:

| Datas  | Dados      | Ajuste     | Resíduos   | Datas  | Dados      | Ajuste     | Resíduos   |
|--------|------------|------------|------------|--------|------------|------------|------------|
| jan/07 | 1219427,00 | 848787,55  | 370639,45  | mai/10 | 1081822,00 | 1353055,84 | -271233,84 |
| fev/07 | 983309,00  | 860063,88  | 123245,12  | jun/10 | 1327830,00 | 1365719,46 | -37889,46  |
| mar/07 | 1256058,00 | 984128,80  | 271929,20  | jul/10 | 1262291,00 | 1514446,60 | -252155,60 |
| abr/07 | 1118425,00 | 1421232,95 | -302807,95 | ago/10 | 1666788,00 | 1346931,84 | 319856,16  |
| mai/07 | 1421348,00 | 1478477,72 | -57129,72  | set/10 | 1821183,00 | 1444164,51 | 377018,49  |
| jun/07 | 1629874,00 | 1646751,80 | -16877,80  | out/10 | 1835086,00 | 1675687,47 | 159398,53  |
| jul/07 | 1737374,00 | 1807554,39 | -70180,39  | nov/10 | 1621011,00 | 1541022,29 | 79988,71   |
| ago/07 | 1677626,00 | 1769043,72 | -91417,72  | dez/10 | 1116183,00 | 1263069,60 | -146886,60 |
| set/07 | 1750713,00 | 1571422,24 | 179290,76  | jan/11 | 1556861,00 | 1220381,42 | 336479,58  |
| out/07 | 1655166,00 | 1670560,44 | -15394,44  | fev/11 | 1228778,00 | 1213633,09 | 15144,91   |
| nov/07 | 1729875,00 | 1406035,74 | 323839,26  | mar/11 | 1371108,00 | 1259858,10 | 111249,90  |
| dez/07 | 1350659,00 | 1297145,45 | 53513,55   | abr/11 | 1511248,00 | 1567945,71 | -56697,71  |
| jan/08 | 1330402,00 | 1402978,50 | -72576,50  | mai/11 | 1738641,00 | 1804591,64 | -65950,64  |
| fev/08 | 1310599,00 | 1094362,36 | 216236,64  | jun/11 | 1660908,00 | 1966606,64 | -305698,64 |
| mar/08 | 1495482,00 | 1286511,97 | 208970,03  | jul/11 | 2053090,00 | 1921393,88 | 131696,12  |
| abr/08 | 1140868,00 | 1672779,20 | -531911,20 | ago/11 | 1857000,00 | 2034502,81 | -177502,81 |
| mai/08 | 1577379,00 | 1568403,59 | 8975,41    | set/11 | 2025838,00 | 1776112,90 | 249725,10  |
| jun/08 | 1767461,00 | 1784422,78 | -16961,78  | out/11 | 1969871,00 | 1914295,79 | 55575,21   |
| jul/08 | 1980664,00 | 1944632,20 | 36031,80   | nov/11 | 1672330,00 | 1704481,24 | -32151,24  |
| ago/08 | 1692022,00 | 1981975,28 | -289953,28 | dez/11 | 1205396,00 | 1343948,38 | -138552,38 |
| set/08 | 1446427,00 | 1644875,42 | -198448,42 | jan/12 | 1306023,00 | 1312062,59 | -6039,59   |
| out/08 | 1037023,00 | 1471540,82 | -434517,82 | fev/12 | 791340,00  | 1056798,53 | -265458,53 |
| nov/08 | 465566,00  | 910244,34  | -444678,34 | mar/12 | 939092,00  | 903024,47  | 36067,53   |
| dez/08 | 143118,00  | 248260,57  | -105142,57 | abr/12 | 1230921,00 | 1155589,15 | 75331,85   |
| jan/09 | 182515,00  | 239207,77  | -56692,77  | mai/12 | 1540574,00 | 1486698,33 | 53875,67   |
| fev/09 | 221997,00  | -55144,77  | 277141,77  | jun/12 | 2062762,00 | 1732132,00 | 330630,00  |
| mar/09 | 397312,00  | 180550,68  | 216761,32  | jul/12 | 2558544,00 | 2147013,47 | 411530,53  |
| abr/09 | 712515,00  | 564988,99  | 147526,01  | ago/12 | 2244961,00 | 2457439,77 | -212478,77 |
| mai/09 | 942887,00  | 952615,65  | -9728,65   | set/12 | 2079357,00 | 2178273,37 | -98916,37  |
| jun/09 | 903413,00  | 1154980,16 | -251567,16 | out/12 | 1553573,00 | 2064827,76 | -511254,76 |
| jul/09 | 1193693,00 | 1147701,89 | 45991,11   | nov/12 | 1733080,00 | 1448188,61 | 284891,39  |
| ago/09 | 1714264,00 | 1188917,68 | 525346,32  | dez/12 | 1505007,00 | 1313648,56 | 191358,44  |
| set/09 | 1630922,00 | 1436627,01 | 194294,99  | jan/13 | 1324901,00 | 1519360,54 | -194459,54 |
| out/09 | 1245037,00 | 1542203,26 | -297166,26 | fev/13 | 1073056,00 | 1126561,34 | -53505,34  |
| nov/09 | 920715,00  | 1079172,42 | -158457,42 | mar/13 | 1183820,00 | 1127597,32 | 56222,68   |
| dez/09 | 955535,00  | 625567,21  | 329967,79  | abr/13 | 1890331,00 | 1394989,19 | 495341,81  |
| jan/10 | 836180,00  | 928612,44  | -92432,44  | mai/13 | 2132354,00 | 2026682,87 | 105671,13  |
| fev/10 | 788283,00  | 612002,52  | 176280,48  | jun/13 | 2081518,00 | 2311978,51 | -230460,51 |
| mar/10 | 827939,00  | 774860,21  | 53078,79   | jul/13 | 2048952,00 | 2325832,09 | -276880,09 |
| abr/10 | 1085050,00 | 1041381,45 | 43668,55   | ago/13 | 2275371,00 | 2136998,40 | 138372,60  |



| <b>Datas</b> | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> | <b>Datas</b> | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> |
|--------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|
| set/13       | 2197032,00   | 2110237,29    | 86794,71        | abr/16       | 1522312,00   | 1425121,52    | 97190,48        |
| out/13       | 2193848,00   | 2125669,23    | 68178,77        | mai/16       | 2044954,00   | 1765155,24    | 279798,76       |
| nov/13       | 1744617,00   | 1931965,18    | -187348,18      | jun/16       | 2177677,00   | 2176965,55    | 711,45          |
| dez/13       | 1473022,00   | 1458285,40    | 14736,60        | jul/16       | 2569663,00   | 2354845,91    | 214817,09       |
| jan/14       | 1588722,00   | 1533647,72    | 55074,28        | ago/16       | 2616133,00   | 2518923,29    | 97209,71        |
| fev/14       | 1463735,00   | 1320967,01    | 142767,99       | set/16       | 2268806,00   | 2459379,49    | -190573,49      |
| mar/14       | 2002056,00   | 1463665,59    | 538390,41       | out/16       | 2635564,00   | 2285021,00    | 350543,00       |
| abr/14       | 1939171,00   | 2080763,32    | -141592,32      | nov/16       | 2355063,00   | 2288291,10    | 66771,90        |
| mai/14       | 1894689,00   | 2252406,37    | -357717,37      | dez/16       | 2106418,00   | 1992355,59    | 114062,41       |
| jun/14       | 2081333,00   | 2202475,17    | -121142,17      | jan/17       | 2346993,00   | 2147253,66    | 199739,34       |
| jul/14       | 2433561,00   | 2294155,21    | 139405,79       | fev/17       | 1822276,00   | 2033731,38    | -211455,38      |
| ago/14       | 2502535,00   | 2407606,03    | 94928,97        | mar/17       | 1347235,00   | 1927085,82    | -579850,82      |
| set/14       | 2166296,00   | 2349216,06    | -182920,06      | abr/17       | 1781568,00   | 1740467,15    | 41100,85        |
| out/14       | 2548063,00   | 2171299,88    | 376763,12       | mai/17       | 2064023,00   | 2042157,17    | 21865,83        |
| nov/14       | 1960305,00   | 2196039,81    | -235734,81      | jun/17       | 2578428,00   | 2266452,46    | 311975,54       |
| dez/14       | 1455134,00   | 1689727,76    | -234593,76      | jul/17       | 2425164,00   | 2669392,27    | -244228,27      |
| jan/15       | 1480952,00   | 1586930,21    | -105978,21      | ago/17       | 2502899,00   | 2503538,48    | -639,48         |
| fev/15       | 1156590,00   | 1259785,28    | -103195,28      | set/17       | 2305329,00   | 2371040,07    | -65711,07       |
| mar/15       | 1256067,00   | 1230288,26    | 25778,74        | out/17       | 2654249,00   | 2291515,62    | 362733,38       |
| abr/15       | 1570816,00   | 1473468,41    | 97347,59        | nov/17       | 2280125,00   | 2300678,41    | -20553,41       |
| mai/15       | 1865673,00   | 1814072,11    | 51600,89        | dez/17       | 2197199,00   | 1942675,93    | 254523,07       |
| jun/15       | 2391753,00   | 2059648,63    | 332104,37       | jan/18       | 1785030,00   | 2199024,66    | -413994,66      |
| jul/15       | 2443319,00   | 2478536,29    | -35217,29       | fev/18       | 1658156,00   | 1641851,78    | 16304,22        |
| ago/15       | 2137657,00   | 2466482,31    | -328825,31      | mar/18       | 1311750,00   | 1694637,15    | -382887,15      |
| set/15       | 1772134,00   | 2101833,21    | -329699,21      | abr/18       | 1644796,00   | 1655287,72    | -10491,72       |
| out/15       | 1838898,00   | 1824394,85    | 14503,15        | mai/18       | 2003850,00   | 1919836,27    | 84013,73        |
| nov/15       | 1941398,00   | 1583569,62    | 357828,38       | jun/18       | 2597515,00   | 2191541,19    | 405973,81       |
| dez/15       | 1232042,00   | 1502361,88    | -270319,88      | jul/18       | 2526157,00   | 2656237,83    | -130080,83      |
| jan/16       | 1776138,00   | 1375264,47    | 400873,53       | ago/18       | 2635849,00   | 2574569,04    | 61279,96        |
| fev/16       | 1276884,00   | 1411140,01    | -134256,01      | set/18       | 2766361,00   | 2485764,84    | 280596,16       |
| mar/16       | 1135881,00   | 1360687,93    | -224806,93      | out/18       | 2941959,00   | 2658540,12    | 283418,88       |

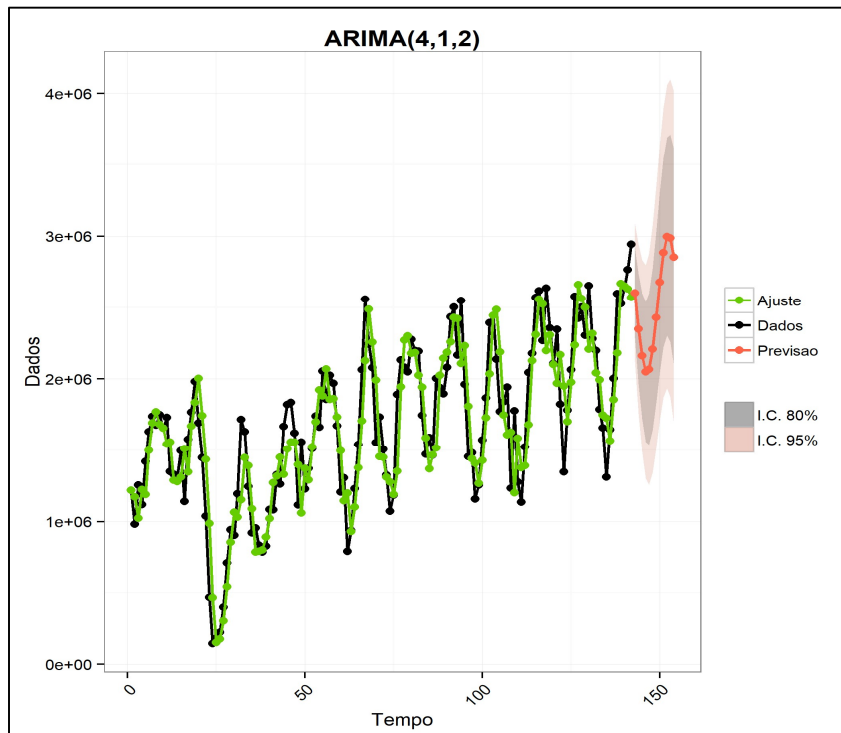
Previsão com suavização exponencial:

| <b>Datas</b> | <b>Previsão</b> | <b>L.inf 95</b> | <b>L.Sup 95</b> | <b>Datas</b> | <b>Previsão</b> | <b>L.inf 95</b> | <b>L.Sup 95</b> |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| nov/18       | 2607067,28      | 2152514,83      | 3061619,72      | mai/19       | 2626249,56      | 1708390,36      | 3544108,76      |
| dez/18       | 2266535,32      | 1707435,58      | 2825635,06      | jun/19       | 2841005,87      | 1867126,97      | 3814884,77      |
| jan/19       | 2333916,77      | 1686949,13      | 2980884,40      | jul/19       | 3009595,18      | 1982748,21      | 4036442,15      |
| fev/19       | 2077537,95      | 1353285,43      | 2801790,48      | ago/19       | 3023000,15      | 1945786,48      | 4100213,83      |
| mar/19       | 2114654,79      | 1320604,22      | 2908705,37      | set/19       | 2892502,17      | 1767173,81      | 4017830,52      |
| abr/19       | 2353242,09      | 1495051,60      | 3211432,58      | out/19       | 2864350,76      | 1692882,24      | 4035819,29      |

| Parâmetros do modelo |           |              |      |      |      |      |
|----------------------|-----------|--------------|------|------|------|------|
| Nível                | Tendência | Sazonalidade | alfa | beta | gama | fi   |
| 1101492,07           | 0,00      | -252704,52   | 0,72 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
|                      |           | -506869,51   |      |      |      |      |
|                      |           | -471069,21   |      |      |      |      |
|                      |           | -228712,94   |      |      |      |      |
|                      |           | 45394,19     |      |      |      |      |
|                      |           | 254582,93    |      |      |      |      |
|                      |           | 427472,92    |      |      |      |      |
|                      |           | 439223,43    |      |      |      |      |
|                      |           | 307072,69    |      |      |      |      |
|                      |           | 277807,99    |      |      |      |      |
|                      |           | 24308,35     |      |      |      |      |
|                      |           | -316506,31   |      |      |      |      |

Ajuste com ARIMA:

| Coeficientes |              | Medidas de acurácia |             |
|--------------|--------------|---------------------|-------------|
| ar1          | 1,441159563  | MAPE                | 14,56632064 |
| ar2          | -0,60859579  | MAD                 | 197968,991  |
| ar3          | -0,085157313 | MSD                 | 60155322317 |
| ar4          | -0,120554711 |                     |             |
| ma1          | -1,742288185 |                     |             |
| ma2          | 0,991224793  |                     |             |



| <b>Resultados</b> |              |               |                 |             |              |               |                 |
|-------------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| <b>Data</b>       | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> | <b>Data</b> | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> |
| jan/07            | 1219427      | 1218207,574   | 1219,426059     | mai/10      | 1081822      | 1272855       | -191033         |
| fev/07            | 983309       | 1173379,7     | -190070,6996    | jun/10      | 1327830      | 1317580       | 10249,58        |
| mar/07            | 1256058      | 1023428,053   | 232629,9468     | jul/10      | 1262291      | 1450447       | -188156         |
| abr/07            | 1118425      | 1222826,425   | -104401,4247    | ago/10      | 1666788      | 1331544       | 335243,7        |
| mai/07            | 1421348      | 1190154,002   | 231193,998      | set/10      | 1821183      | 1507836       | 313347,4        |
| jun/07            | 1629874      | 1497644,382   | 132229,6182     | out/10      | 1835086      | 1558264       | 276822,1        |
| jul/07            | 1737374      | 1690222,604   | 47151,39636     | nov/10      | 1621011      | 1558203       | 62808,24        |
| ago/07            | 1677626      | 1769430,053   | -91804,0529     | dez/10      | 1116183      | 1397706       | -281523         |
| set/07            | 1750713      | 1680228,501   | 70484,49856     | jan/11      | 1556861      | 1058980       | 497880,8        |
| out/07            | 1655166      | 1654412,041   | 753,9589146     | fev/11      | 1228778      | 1371621       | -142843         |
| nov/07            | 1729875      | 1543432,031   | 186442,9691     | mar/11      | 1371108      | 1292177       | 78930,75        |
| dez/07            | 1350659      | 1556097,892   | -205438,8922    | abr/11      | 1511248      | 1522216       | -10967,7        |
| jan/08            | 1330402      | 1288264,7     | 42137,3004      | mai/11      | 1738641      | 1698119       | 40521,65        |
| fev/08            | 1310599      | 1278636,628   | 31962,37152     | jun/11      | 1660908      | 1923446       | -262538         |
| mar/08            | 1495482      | 1311780,206   | 183701,7942     | jul/11      | 2053090      | 1880802       | 172287,8        |
| abr/08            | 1140868      | 1509793,917   | -368925,9172    | ago/11      | 1857000      | 2069625       | -212625         |
| mai/08            | 1577379      | 1348079,892   | 229299,1079     | set/11      | 2025838      | 1856083       | 169754,7        |
| jun/08            | 1767461      | 1668848,398   | 98612,60178     | out/11      | 1969871      | 1862295       | 107576,5        |
| jul/08            | 1980664      | 1835413,538   | 145250,4619     | nov/11      | 1672330      | 1733610       | -61280          |
| ago/08            | 1692022      | 2002586,33    | -310564,3296    | dez/11      | 1205396      | 1495264       | -289868         |
| set/08            | 1446427      | 1743101,322   | -296674,3225    | jan/12      | 1306023      | 1144980       | 161043,5        |
| out/08            | 1037023      | 1435137,983   | -398114,983     | fev/12      | 791340       | 1197939       | -406599         |
| nov/08            | 465566       | 987401,5713   | -521835,5713    | mar/12      | 939092       | 930125,1      | 8966,858        |
| dez/08            | 143118       | 463638,164    | -320520,164     | abr/12      | 1230921      | 1100768       | 130152,7        |
| jan/09            | 182515       | 151555,3636   | 30959,63637     | mai/12      | 1540574      | 1377100       | 163474          |
| fev/09            | 221997       | 175290,2781   | 46706,7219      | jun/12      | 2062762      | 1705280       | 357482,1        |
| mar/09            | 397312       | 302563,8824   | 94748,11758     | jul/12      | 2558544      | 2126314       | 432229,8        |
| abr/09            | 712515       | 546047,9865   | 166467,0135     | ago/12      | 2244961      | 2488561       | -243600         |
| mai/09            | 942887       | 855314,4842   | 87572,51584     | set/12      | 2079357      | 2255815       | -176458         |
| jun/09            | 903413       | 1066168,743   | -162755,7433    | out/12      | 1553573      | 1990383       | -436810         |
| jul/09            | 1193693      | 1030807,829   | 162885,1712     | nov/12      | 1733080      | 1454434       | 278646,4        |
| ago/09            | 1714264      | 1153830,684   | 560433,3159     | dez/12      | 1505007      | 1450181       | 54825,84        |
| set/09            | 1630922      | 1448496,077   | 182425,9231     | jan/13      | 1324901      | 1309882       | 15018,97        |
| out/09            | 1245037      | 1392645,251   | -147608,2514    | fev/13      | 1073056      | 1277917       | -204861         |
| nov/09            | 920715       | 1089716,951   | -169001,9513    | mar/13      | 1183820      | 1189089       | -5268,74        |
| dez/09            | 955535       | 788081,0272   | 167453,9728     | abr/13      | 1890331      | 1352650       | 537681,1        |
| jan/10            | 836180       | 791783,1713   | 44396,82871     | mai/13      | 2132354      | 1943944       | 188409,9        |
| fev/10            | 788283       | 801651,2815   | -13368,28154    | jun/13      | 2081518      | 2270166       | -188648         |
| mar/10            | 827939       | 892895,4555   | -64956,45551    | jul/13      | 2048952      | 2299050       | -250098         |
| abr/10            | 1085050      | 1021768,137   | 63281,86271     | ago/13      | 2275371      | 2178364       | 97007,01        |

| <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> | <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> |
|-------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| set/13      | 2197032      | 2182000,114   | 15031,88566     | abr/16      | 1522312      | 1391784       | 130528,1        |
| out/13      | 2193848      | 2025799,012   | 168048,9877     | mai/16      | 2044954      | 1679289       | 365664,7        |
| nov/13      | 1744617      | 1941937,359   | -197320,359     | jun/16      | 2177677      | 2127031       | 50646,07        |
| dez/13      | 1473022      | 1586612,291   | -113590,2908    | jul/16      | 2569663      | 2308588       | 261074,6        |
| jan/14      | 1588722      | 1370338,275   | 218383,725      | ago/16      | 2616133      | 2558063       | 58069,51        |
| fev/14      | 1463735      | 1467185,798   | -3450,797739    | set/16      | 2268806      | 2525317       | -256511         |
| mar/14      | 2002056      | 1515063,168   | 486992,832      | out/16      | 2635564      | 2196906       | 438658,4        |
| abr/14      | 1939171      | 2024326,707   | -85155,70717    | nov/16      | 2355063      | 2307242       | 47821,27        |
| mai/14      | 1894689      | 2143147,663   | -248458,6628    | dez/16      | 2106418      | 2100993       | 5425,25         |
| jun/14      | 2081333      | 2186471,786   | -105138,7862    | jan/17      | 2346993      | 1968886       | 378106,7        |
| jul/14      | 2433561      | 2257813,351   | 175747,6493     | fev/17      | 1822276      | 2169697       | -347421         |
| ago/14      | 2502535      | 2429797,722   | 72737,2783      | mar/17      | 1347235      | 1950333       | -603098         |
| set/14      | 2166296      | 2421513,138   | -255217,138     | abr/17      | 1781568      | 1699729       | 81839,22        |
| out/14      | 2548063      | 2106552,893   | 441510,1067     | mai/17      | 2064023      | 1974973       | 89049,98        |
| nov/14      | 1960305      | 2232246,252   | -271941,2516    | jun/17      | 2578428      | 2237555       | 340872,8        |
| dez/14      | 1455134      | 1807359,076   | -352225,0757    | jul/17      | 2425164      | 2661110       | -235946         |
| jan/15      | 1480952      | 1439067,66    | 41884,34        | ago/17      | 2502899      | 2562075       | -59176,2        |
| fev/15      | 1156590      | 1408196,826   | -251606,8257    | set/17      | 2305329      | 2499758       | -194429         |
| mar/15      | 1256067      | 1266829,286   | -10762,28642    | out/17      | 2654249      | 2206506       | 447743,5        |
| abr/15      | 1570816      | 1427376,494   | 143439,506      | nov/17      | 2280125      | 2317037       | -36912          |
| mai/15      | 1865673      | 1728723,456   | 136949,5439     | dez/17      | 2197199      | 2042977       | 154221,6        |
| jun/15      | 2391753      | 2034505,095   | 357247,905      | jan/18      | 1785030      | 1993521       | -208491         |
| jul/15      | 2443319      | 2444123,022   | -804,021965     | fev/18      | 1658156      | 1746467       | -88311,5        |
| ago/15      | 2137657      | 2485782,919   | -348125,9192    | mar/18      | 1311750      | 1724757       | -413007         |
| set/15      | 1772134      | 2188719,822   | -416585,8216    | abr/18      | 1644796      | 1567492       | 77304,25        |
| out/15      | 1838898      | 1746804,849   | 92093,15079     | mai/18      | 2003850      | 1854143       | 149706,7        |
| nov/15      | 1941398      | 1608283,006   | 333114,9936     | jun/18      | 2597515      | 2180476       | 417039,2        |
| dez/15      | 1232042      | 1624650,147   | -392608,1472    | jul/18      | 2526157      | 2668657       | -142500         |
| jan/16      | 1776138      | 1201235,83    | 574902,1696     | ago/18      | 2635849      | 2651354       | -15504,9        |
| fev/16      | 1276884      | 1584876,242   | -307992,2425    | set/18      | 2766361      | 2630281       | 136080,2        |
| mar/16      | 1135881      | 1376417,424   | -240536,4243    | out/18      | 2941959      | 2571106       | 370853,2        |

Previsão com ARIMA:

| <i>Data</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. inf.</i> | <i>L. sup.</i> | <i>Data</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. inf.</i> | <i>L. sup.</i> |
|-------------|-----------------|----------------|----------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|
| nov/18      | 2603150,02      | 2119036,63     | 3087263,42     | mai/19      | 2429133,15      | 1513394,22     | 3344872,07     |
| dez/18      | 2349972,46      | 1757658,08     | 2942286,84     | jun/19      | 2677053,86      | 1712841,98     | 3641265,74     |
| jan/19      | 2160613,63      | 1488692,72     | 2832534,53     | jul/19      | 2884843,39      | 1872299,01     | 3897387,78     |
| fev/19      | 2049483,02      | 1301648,99     | 2797317,05     | ago/19      | 2997639,75      | 1935818,43     | 4059461,07     |
| mar/19      | 2066974,01      | 1256414,95     | 2877533,08     | set/19      | 2985781,15      | 1873618,35     | 4097943,95     |
| abr/19      | 2206461,99      | 1341222,96     | 3071701,01     | out/19      | 2852460,82      | 1689616,04     | 4015305,60     |

## APÊNDICE C - PREVISÕES PARA EXPORTAÇÕES

Ajuste com médias móveis:

| <b>Medidas de acurácia</b> |             | <b>Comprimento da Média</b> |
|----------------------------|-------------|-----------------------------|
| MAPE                       | 19,98883322 | 2                           |
| MAD                        | 6190,917857 |                             |
| MSD                        | 66719770,65 |                             |

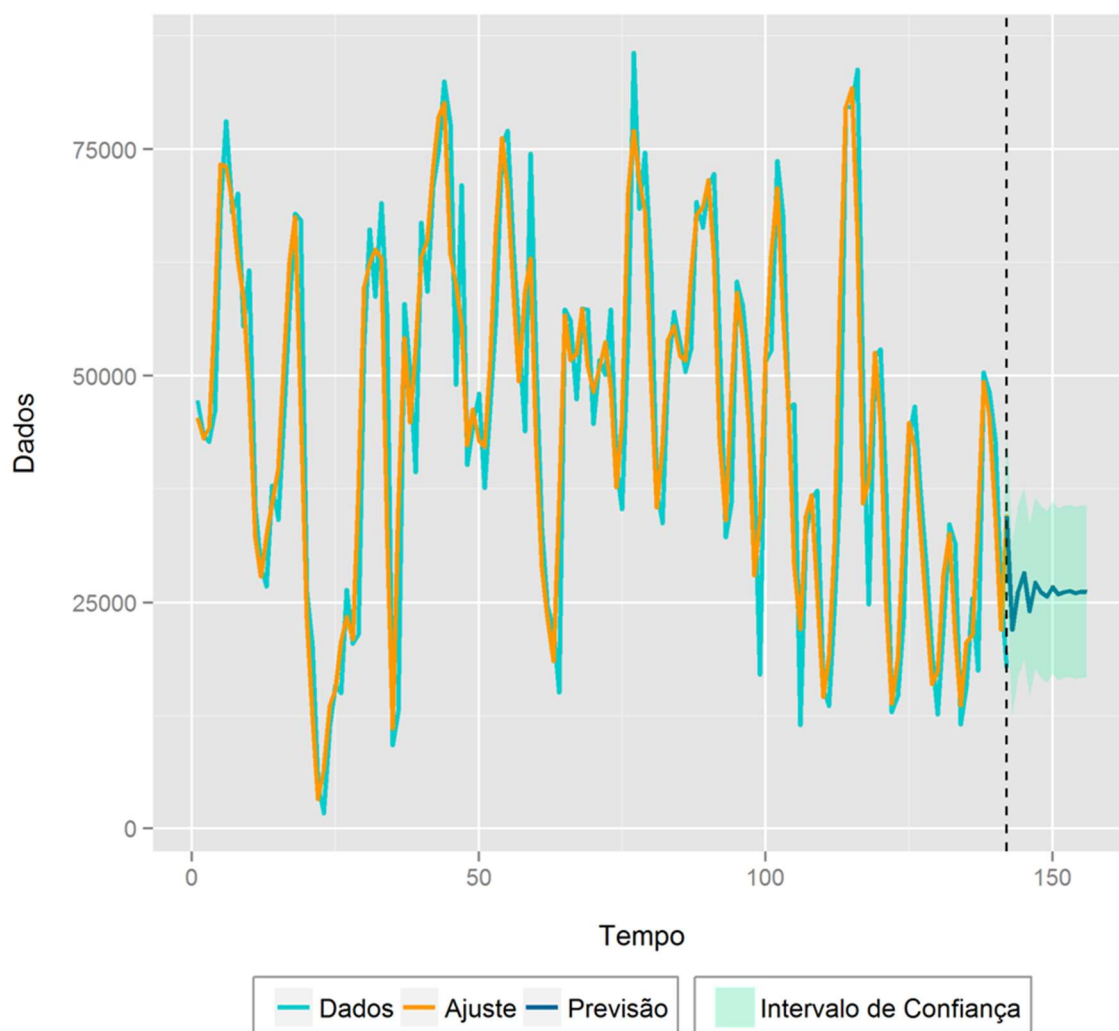
| <b>Tabela das Estimativas</b> |              |               |                 |             |              |               |                 |
|-------------------------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| <b>Data</b>                   | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> | <b>Data</b> | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> |
| jan/07                        | 47293        |               |                 | jul/09      | 66167        | 59792         | 6375            |
| fev/07                        | 43448        | 45370,5       | -1922,5         | ago/09      | 58771        | 62469         | -3698           |
| mar/07                        | 42733        | 43090,5       | -357,5          | set/09      | 69093        | 63932         | 5161            |
| abr/07                        | 45984        | 44358,5       | 1625,5          | out/09      | 56976        | 63034,5       | -6058,5         |
| mai/07                        | 68552        | 57268         | 11284           | nov/09      | 9237         | 33106,5       | -23869,5        |
| jun/07                        | 78132        | 73342         | 4790            | dez/09      | 12959        | 11098         | 1861            |
| jul/07                        | 68055        | 73093,5       | -5038,5         | jan/10      | 57927        | 35443         | 22484           |
| ago/07                        | 70134        | 69094,5       | 1039,5          | fev/10      | 50399        | 54163         | -3764           |
| set/07                        | 55499        | 62816,5       | -7317,5         | mar/10      | 39386        | 44892,5       | -5506,5         |
| out/07                        | 61681        | 58590         | 3091            | abr/10      | 66922        | 53154         | 13768           |
| nov/07                        | 35497        | 48589         | -13092          | mai/10      | 59305        | 63113,5       | -3808,5         |
| dez/07                        | 28940        | 32218,5       | -3278,5         | jun/10      | 70860        | 65082,5       | 5777,5          |
| jan/08                        | 26793        | 27866,5       | -1073,5         | jul/10      | 74781        | 72820,5       | 1960,5          |
| fev/08                        | 37898        | 32345,5       | 5552,5          | ago/10      | 82517        | 78649         | 3868            |
| mar/08                        | 34120        | 36009         | -1889           | set/10      | 77801        | 80159         | -2358           |
| abr/08                        | 45326        | 39723         | 5603            | out/10      | 49041        | 63421         | -14380          |
| mai/08                        | 57319        | 51322,5       | 5996,5          | nov/10      | 71044        | 60042,5       | 11001,5         |
| jun/08                        | 67926        | 62622,5       | 5303,5          | dez/10      | 40189        | 55616,5       | -15427,5        |
| jul/08                        | 67220        | 67573         | -353            | jan/11      | 44540        | 42364,5       | 2175,5          |
| ago/08                        | 26146        | 46683         | -20537          | fev/11      | 48068        | 46304         | 1764            |
| set/08                        | 20202        | 23174         | -2972           | mar/11      | 37660        | 42864         | -5204           |
| out/08                        | 4776         | 12489         | -7713           | abr/11      | 46738        | 42199         | 4539            |
| nov/08                        | 1640         | 3208          | -1568           | mai/11      | 56400        | 51569         | 4831            |
| dez/08                        | 11404        | 6522          | 4882            | jun/11      | 75481        | 65940,5       | 9540,5          |
| jan/09                        | 15868        | 13636         | 2232            | jul/11      | 77041        | 76261         | 780             |
| fev/09                        | 14999        | 15433,5       | -434,5          | ago/11      | 64355        | 70698         | -6343           |
| mar/09                        | 26366        | 20682,5       | 5683,5          | set/11      | 54874        | 59614,5       | -4740,5         |
| abr/09                        | 20439        | 23402,5       | -2963,5         | out/11      | 43900        | 49387         | -5487           |
| mai/09                        | 21445        | 20942         | 503             | nov/11      | 74563        | 59231,5       | 15331,5         |
| jun/09                        | 53417        | 37431         | 15986           | dez/11      | 51417        | 62990         | -11573          |

| <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> | <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> |
|-------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| jan/12      | 33203        | 42310         | -9107           | jun/15      | 73701        | 63214,5       | 10486,5         |
| fev/12      | 24669        | 28936         | -4267           | jul/15      | 67787        | 70744         | -2957           |
| mar/12      | 22040        | 23354,5       | -1314,5         | ago/15      | 46262        | 57024,5       | -10762,5        |
| abr/12      | 15073        | 18556,5       | -3483,5         | set/15      | 46886        | 46574         | 312             |
| mai/12      | 57345        | 36209         | 21136           | out/15      | 11465        | 29175,5       | -17710,5        |
| jun/12      | 56128        | 56736,5       | -608,5          | nov/15      | 32699        | 22082         | 10617           |
| jul/12      | 47427        | 51777,5       | -4350,5         | dez/15      | 36396        | 34547,5       | 1848,5          |
| ago/12      | 57435        | 52431         | 5004            | jan/16      | 37348        | 36872         | 476             |
| set/12      | 57319        | 57377         | -58             | fev/16      | 15543        | 26445,5       | -10902,5        |
| out/12      | 44734        | 51026,5       | -6292,5         | mar/16      | 13605        | 14574         | -969            |
| nov/12      | 51751        | 48242,5       | 3508,5          | abr/16      | 24624        | 19114,5       | 5509,5          |
| dez/12      | 50182        | 50966,5       | -784,5          | mai/16      | 38257        | 31440,5       | 6816,5          |
| jan/13      | 57357        | 53769,5       | 3587,5          | jun/16      | 79607        | 58932         | 20675           |
| fev/13      | 40104        | 48730,5       | -8626,5         | jul/16      | 79732        | 79669,5       | 62,5            |
| mar/13      | 35312        | 37708         | -2396           | ago/16      | 83808        | 81770         | 2038            |
| abr/13      | 54850        | 45081         | 9769            | set/16      | 47030        | 65419         | -18389          |
| mai/13      | 85679        | 70264,5       | 15414,5         | out/16      | 24768        | 35899         | -11131          |
| jun/13      | 68465        | 77072         | -8607           | nov/16      | 52158        | 38463         | 13695           |
| jul/13      | 74660        | 71562,5       | 3097,5          | dez/16      | 52964        | 52561         | 403             |
| ago/13      | 61595        | 68127,5       | -6532,5         | jan/17      | 37119        | 45041,5       | -7922,5         |
| set/13      | 37273        | 49434         | -12161          | fev/17      | 12902        | 25010,5       | -12108,5        |
| out/13      | 33745        | 35509         | -1764           | mar/17      | 14716        | 13809         | 907             |
| nov/13      | 50833        | 42289         | 8544            | abr/17      | 23132        | 18924         | 4208            |
| dez/13      | 57110        | 53971,5       | 3138,5          | mai/17      | 43036        | 33084         | 9952            |
| jan/14      | 54010        | 55560         | -1550           | jun/17      | 46648        | 44842         | 1806            |
| fev/14      | 50466        | 52238         | -1772           | jul/17      | 37448        | 42048         | -4600           |
| mar/14      | 52893        | 51679,5       | 1213,5          | ago/17      | 28808        | 33128         | -4320           |
| abr/14      | 69241        | 61067         | 8174            | set/17      | 19336        | 24072         | -4736           |
| mai/14      | 66393        | 67817         | -1424           | out/17      | 12654        | 15995         | -3341           |
| jun/14      | 70942        | 68667,5       | 2274,5          | nov/17      | 22168        | 17411         | 4757            |
| jul/14      | 72290        | 71616         | 674             | dez/17      | 33657        | 27912,5       | 5744,5          |
| ago/14      | 53920        | 63105         | -9185           | jan/18      | 31562        | 32609,5       | -1047,5         |
| set/14      | 32225        | 43072,5       | -10847,5        | fev/18      | 11554        | 21558         | -10004          |
| out/14      | 35900        | 34062,5       | 1837,5          | mar/18      | 15737        | 13645,5       | 2091,5          |
| nov/14      | 60419        | 48159,5       | 12259,5         | abr/18      | 25471        | 20604         | 4867            |
| dez/14      | 57902        | 59160,5       | -1258,5         | mai/18      | 17451        | 21461         | -4010           |
| jan/15      | 50640        | 54271         | -3631           | jun/18      | 50380        | 33915,5       | 16464,5         |
| fev/15      | 38994        | 44817         | -5823           | jul/18      | 48294        | 49337         | -1043           |
| mar/15      | 17070        | 28032         | -10962          | ago/18      | 42793        | 45543,5       | -2750,5         |
| abr/15      | 51545        | 34307,5       | 17237,5         | set/18      | 26196        | 34494,5       | -8298,5         |
| mai/15      | 52728        | 52136,5       | 591,5           | out/18      | 17790        | 21993         | -4203           |

Previsão com médias móveis:

| <i>Data</i> | <i>L. inf.</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. sup.</i> | <i>Data</i> | <i>L. inf.</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. sup.</i> |
|-------------|----------------|-----------------|----------------|-------------|----------------|-----------------|----------------|
| nov/18      | 24994,93649    | 34494,5         | 43994,06351    | mai/19      | 16656,12399    | 26155,6875      | 35655,25101    |
| dez/18      | 12493,43649    | 21993           | 31492,56351    | jun/19      | 16130,74899    | 25630,3125      | 35129,87601    |
| jan/19      | 16642,68649    | 26142,25        | 35641,81351    | jul/19      | 17174,78024    | 26674,34375     | 36173,90726    |
| fev/19      | 18744,18649    | 28243,75        | 37743,31351    | ago/19      | 16393,43649    | 25893           | 35392,56351    |
| mar/19      | 14568,06149    | 24067,625       | 33567,18851    | set/19      | 16652,76461    | 26152,32813     | 35651,89164    |
| abr/19      | 17693,43649    | 27193           | 36692,56351    | out/19      | 16784,10836    | 26283,67188     | 35783,23539    |

### Suavização Exponencial - Médias Móveis Simples



Ajuste com suavização exponencial:

| <b>Datas</b> | <b>Dados</b> | <b>Previsão</b> | <b>Erro</b> | <b>Datas</b> | <b>Dados</b> | <b>Previsão</b> | <b>Erro</b> |
|--------------|--------------|-----------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|-------------|
| jan/07       | 47293,00     | 47343,23        | -50,23      | mai/10       | 59305,00     | 71346,02        | -12041,02   |
| fev/07       | 43448,00     | 38334,93        | 5113,07     | jun/10       | 70860,00     | 77929,11        | -7069,11    |
| mar/07       | 42733,00     | 37832,03        | 4900,97     | jul/10       | 74781,00     | 73883,77        | 897,23      |
| abr/07       | 45984,00     | 52842,04        | -6858,04    | ago/10       | 82517,00     | 65292,55        | 17224,45    |
| mai/07       | 68552,00     | 61463,22        | 7088,78     | set/10       | 77801,00     | 64058,02        | 13742,98    |
| jun/07       | 78132,00     | 77655,63        | 476,37      | out/10       | 49041,00     | 58825,01        | -9784,01    |
| jul/07       | 68055,00     | 77495,71        | -9440,71    | nov/10       | 71044,00     | 60469,55        | 10574,45    |
| ago/07       | 70134,00     | 63855,10        | 6278,90     | dez/10       | 40189,00     | 64146,85        | -23957,85   |
| set/07       | 55499,00     | 56728,39        | -1229,39    | jan/11       | 44540,00     | 53846,20        | -9306,20    |
| out/07       | 61681,00     | 43742,67        | 17938,33    | fev/11       | 48068,00     | 40293,59        | 7774,41     |
| nov/07       | 35497,00     | 60687,14        | -25190,14   | mar/11       | 37660,00     | 40992,11        | -3332,11    |
| dez/07       | 28940,00     | 45461,23        | -16521,23   | abr/11       | 46738,00     | 51491,46        | -4753,46    |
| jan/08       | 26793,00     | 38385,47        | -11592,47   | mai/11       | 56400,00     | 60969,36        | -4569,36    |
| fev/08       | 37898,00     | 23518,73        | 14379,27    | jun/11       | 75481,00     | 71427,95        | 4053,05     |
| mar/08       | 34120,00     | 27758,36        | 6361,64     | jul/11       | 77041,00     | 73157,24        | 3883,76     |
| abr/08       | 45326,00     | 43398,70        | 1927,30     | ago/11       | 64355,00     | 66258,51        | -1903,51    |
| mai/08       | 57319,00     | 56657,78        | 661,22      | set/11       | 54874,00     | 55194,91        | -320,91     |
| jun/08       | 67926,00     | 69492,91        | -1566,91    | out/11       | 43900,00     | 42525,38        | 1374,62     |
| jul/08       | 67220,00     | 68187,59        | -967,59     | nov/11       | 74563,00     | 50087,15        | 24475,85    |
| ago/08       | 26146,00     | 59042,74        | -32896,74   | dez/11       | 51417,00     | 60537,18        | -9120,18    |
| set/08       | 20202,00     | 31781,52        | -11579,52   | jan/12       | 33203,00     | 57980,50        | -24777,50   |
| out/08       | 4776,00      | 13687,81        | -8911,81    | fev/12       | 24669,00     | 36676,80        | -12007,80   |
| nov/08       | 1640,00      | 16452,69        | -14812,69   | mar/12       | 22040,00     | 27135,01        | -5095,01    |
| dez/08       | 11404,00     | 6627,13         | 4776,87     | abr/12       | 15073,00     | 36717,47        | -21644,47   |
| jan/09       | 15868,00     | 10506,10        | 5361,90     | mai/12       | 57345,00     | 37548,37        | 19796,63    |
| fev/09       | 14999,00     | 4580,37         | 10418,63    | jun/12       | 56128,00     | 60569,50        | -4441,50    |
| mar/09       | 26366,00     | 6711,82         | 19654,18    | jul/12       | 47427,00     | 57947,57        | -10520,57   |
| abr/09       | 20439,00     | 29114,10        | -8675,10    | ago/12       | 57435,00     | 43615,40        | 13819,60    |
| mai/09       | 21445,00     | 36931,68        | -15486,68   | set/12       | 57319,00     | 40618,46        | 16700,54    |
| jun/09       | 53417,00     | 41476,19        | 11940,81    | out/12       | 44734,00     | 36681,52        | 8052,48     |
| jul/09       | 66167,00     | 47093,33        | 19073,67    | nov/12       | 51751,00     | 47893,62        | 3857,38     |
| ago/09       | 58771,00     | 47891,08        | 10879,92    | dez/12       | 50182,00     | 47450,24        | 2731,76     |
| set/09       | 69093,00     | 43258,36        | 25834,64    | jan/13       | 57357,00     | 50805,64        | 6551,36     |
| out/09       | 56976,00     | 44348,81        | 12627,19    | fev/13       | 40104,00     | 45671,21        | -5567,21    |
| nov/09       | 9237,00      | 58083,48        | -48846,48   | mar/13       | 35312,00     | 39496,37        | -4184,37    |
| dez/09       | 12959,00     | 31027,21        | -18068,21   | abr/13       | 54850,00     | 49379,62        | 5470,38     |
| jan/10       | 57927,00     | 23214,48        | 34712,52    | mai/13       | 85679,00     | 64508,77        | 21170,23    |
| fev/10       | 50399,00     | 32367,95        | 18031,05    | jun/13       | 68465,00     | 87990,86        | -19525,86   |
| mar/10       | 39386,00     | 38489,61        | 896,39      | jul/13       | 74660,00     | 77584,37        | -2924,37    |
| abr/10       | 66922,00     | 51003,89        | 15918,11    | ago/13       | 61595,00     | 67385,14        | -5790,14    |



| <b>Datas</b> | <b>Dados</b> | <b>Previsão</b> | <b>Erro</b> | <b>Datas</b> | <b>Dados</b> | <b>Previsão</b> | <b>Erro</b> |
|--------------|--------------|-----------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|-------------|
| set/13       | 37273,00     | 54376,08        | -17103,08   | abr/16       | 24624,00     | 28113,18        | -3489,18    |
| out/13       | 33745,00     | 33043,91        | 701,09      | mai/16       | 38257,00     | 38442,54        | -185,54     |
| nov/13       | 50833,00     | 40449,87        | 10383,13    | jun/16       | 79607,00     | 50677,65        | 28929,35    |
| dez/13       | 57110,00     | 43336,67        | 13773,33    | jul/16       | 79732,00     | 65242,08        | 14489,92    |
| jan/14       | 54010,00     | 52383,97        | 1626,03     | ago/16       | 83808,00     | 63746,07        | 20061,93    |
| fev/14       | 50466,00     | 44606,40        | 5859,60     | set/16       | 47030,00     | 63987,49        | -16957,49   |
| mar/14       | 52893,00     | 44296,36        | 8596,64     | out/16       | 24768,00     | 42904,57        | -18136,57   |
| abr/14       | 69241,00     | 60820,52        | 8420,48     | nov/16       | 52158,00     | 41145,44        | 11012,56    |
| mai/14       | 66393,00     | 77617,24        | -11224,24   | dez/16       | 52964,00     | 44323,17        | 8640,83     |
| jun/14       | 70942,00     | 84105,15        | -13163,15   | jan/17       | 37119,00     | 50429,17        | -13310,17   |
| jul/14       | 72290,00     | 77122,62        | -4832,62    | fev/17       | 12902,00     | 34888,52        | -21986,52   |
| ago/14       | 53920,00     | 65917,64        | -11997,64   | mar/17       | 14716,00     | 20262,41        | -5546,41    |
| set/14       | 32225,00     | 49616,97        | -17391,97   | abr/17       | 23132,00     | 29882,04        | -6750,04    |
| out/14       | 35900,00     | 28314,92        | 7585,08     | mai/17       | 43036,00     | 38574,75        | 4461,25     |
| nov/14       | 60419,00     | 39342,56        | 21076,44    | jun/17       | 46648,00     | 53480,35        | -6832,35    |
| dez/14       | 57902,00     | 47738,65        | 10163,35    | jul/17       | 37448,00     | 49589,03        | -12141,03   |
| jan/15       | 50640,00     | 54816,03        | -4176,03    | ago/17       | 28808,00     | 34512,67        | -5704,67    |
| fev/15       | 38994,00     | 44109,92        | -5115,92    | set/17       | 19336,00     | 21190,41        | -1854,41    |
| mar/15       | 17070,00     | 38207,36        | -21137,36   | out/17       | 12654,00     | 7829,06         | 4824,94     |
| abr/15       | 51545,00     | 39504,81        | 12040,19    | nov/17       | 22168,00     | 18118,60        | 4049,40     |
| mai/15       | 52728,00     | 57958,51        | -5230,51    | dez/17       | 33657,00     | 17707,20        | 15949,80    |
| jun/15       | 73701,00     | 67496,05        | 6204,95     | jan/18       | 31562,00     | 27336,17        | 4225,83     |
| jul/15       | 67787,00     | 70514,04        | -2727,04    | fev/18       | 11554,00     | 20687,85        | -9133,85    |
| ago/15       | 46262,00     | 60315,55        | -14053,55   | mar/18       | 15737,00     | 12807,20        | 2929,80     |
| set/15       | 46886,00     | 42908,23        | 3977,77     | abr/18       | 25471,00     | 26754,94        | -1283,94    |
| out/15       | 11465,00     | 32798,07        | -21333,07   | mai/18       | 17451,00     | 38358,62        | -20907,62   |
| nov/15       | 32699,00     | 29153,43        | 3545,57     | jun/18       | 50380,00     | 40161,45        | 10218,55    |
| dez/15       | 36396,00     | 28463,91        | 7932,09     | jul/18       | 48294,00     | 44947,75        | 3346,25     |
| jan/16       | 37348,00     | 34255,41        | 3092,59     | ago/18       | 42793,00     | 37865,84        | 4927,16     |
| fev/16       | 15543,00     | 27261,71        | -11718,71   | set/18       | 26196,00     | 30025,99        | -3829,99    |
| mar/16       | 13605,00     | 17818,05        | -4213,05    | out/18       | 17790,00     | 15719,86        | 2070,14     |

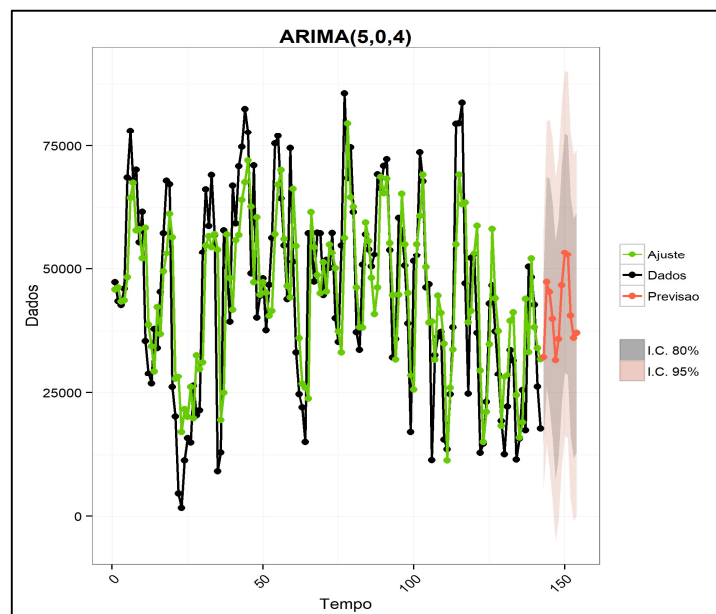
Previsão com suavização exponencial:

| <b>Datas</b> | <b>Previsão</b> | <b>L.inf 95</b> | <b>L.Sup 95</b> | <b>Datas</b> | <b>Previsão</b> | <b>L.inf 95</b> | <b>L.Sup 95</b> |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| nov/18       | 24591,08        | -948,11         | 50130,26        | mai/19       | 36011,52        | -4955,59        | 76978,63        |
| dez/18       | 22225,24        | -6467,25        | 50917,73        | jun/19       | 48831,12        | 5827,48         | 91834,76        |
| jan/19       | 23570,06        | -7961,96        | 55102,07        | jul/19       | 48316,41        | 3368,42         | 93264,40        |
| fev/19       | 14624,36        | -19511,80       | 48760,51        | ago/19       | 39536,90        | -7274,76        | 86348,55        |
| mar/19       | 11541,23        | -25014,02       | 48096,47        | set/19       | 29086,58        | -19517,33       | 77690,49        |
| abr/19       | 23946,66        | -14877,24       | 62770,56        | out/19       | 16800,55        | -33531,84       | 67132,94        |

| Parâmetros do modelo |           |              |      |      |      |      |
|----------------------|-----------|--------------|------|------|------|------|
| Nível                | Tendência | Sazonalidade | Alfa | beta | gama | fi   |
| 51992,13             | 0,00      | -4648,89     | 0,51 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
|                      |           | -13631,48    |      |      |      |      |
|                      |           | -16752,46    |      |      |      |      |
|                      |           | -4251,94     |      |      |      |      |
|                      |           | 7880,82      |      |      |      |      |
|                      |           | 20443,50     |      |      |      |      |
|                      |           | 20039,67     |      |      |      |      |
|                      |           | 11233,07     |      |      |      |      |
|                      |           | 891,32       |      |      |      |      |
|                      |           | -11464,91    |      |      |      |      |
|                      |           | -3705,55     |      |      |      |      |
|                      |           | -6033,14     |      |      |      |      |

Ajuste com ARIMA:

| Coeficientes |          | Medidas de acurácia |             |
|--------------|----------|---------------------|-------------|
| ar1          | -0,14936 | MAPE                | 41,23507282 |
| ar2          | 0,352973 | MAD                 | 10405,74    |
| ar3          | -0,70921 | MSD                 | 1,78E+08    |
| ar4          | -0,39263 |                     |             |
| ar5          | 0,647625 |                     |             |
| ma1          | 0,873823 |                     |             |
| ma2          | 0,259505 |                     |             |
| ma3          | 0,90968  |                     |             |
| ma4          | 0,958802 |                     |             |
| intercept    | 45097,52 |                     |             |



| <b>Resultados</b> |              |               |                 |             |              |               |                 |
|-------------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| <b>Data</b>       | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> | <b>Data</b> | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> |
| jan/07            | 47293        | 45827,41      | 1465,587        | mai/10      | 59305        | 55909,57      | 3395,435        |
| fev/07            | 43448        | 46253,31      | -2805,31        | jun/10      | 70860        | 56977,5       | 13882,5         |
| mar/07            | 42733        | 43415,73      | -682,73         | jul/10      | 74781        | 64056,63      | 10724,37        |
| abr/07            | 45984        | 43652,05      | 2331,949        | ago/10      | 82517        | 67617,55      | 14899,45        |
| mai/07            | 68552        | 48312,67      | 20239,33        | set/10      | 77801        | 72018,17      | 5782,831        |
| jun/07            | 78132        | 64469,18      | 13662,82        | out/10      | 49041        | 62716,76      | -13675,8        |
| jul/07            | 68055        | 67549,81      | 505,1926        | nov/10      | 71044        | 47309,98      | 23734,02        |
| ago/07            | 70134        | 57900,89      | 12233,11        | dez/10      | 40189        | 60569,11      | -20380,1        |
| set/07            | 55499        | 58114,23      | -2615,23        | jan/11      | 44540        | 44752,27      | -212,267        |
| out/07            | 61681        | 52069,94      | 9611,065        | fev/11      | 48068        | 47290,74      | 777,2561        |
| nov/07            | 35497        | 58459,6       | -22962,6        | mar/11      | 37660        | 45199,02      | -7539,02        |
| dez/07            | 28940        | 38802,84      | -9862,84        | abr/11      | 46738        | 40529,65      | 6208,347        |
| jan/08            | 26793        | 34418,98      | -7625,98        | mai/11      | 56400        | 41543,57      | 14856,43        |
| fev/08            | 37898        | 29386,2       | 8511,804        | jun/11      | 75481        | 57130,02      | 18350,98        |
| mar/08            | 34120        | 42283,66      | -8163,66        | jul/11      | 77041        | 67153,2       | 9887,8          |
| abr/08            | 45326        | 36895,87      | 8430,132        | ago/11      | 64355        | 70106,29      | -5751,29        |
| mai/08            | 57319        | 49471,26      | 7847,744        | set/11      | 54874        | 56146,04      | -1272,04        |
| jun/08            | 67926        | 53162,37      | 14763,63        | out/11      | 43900        | 46532,1       | -2632,1         |
| jul/08            | 67220        | 61253,51      | 5966,49         | nov/11      | 74563        | 44221,87      | 30341,13        |
| ago/08            | 26146        | 56485,26      | -30339,3        | dez/11      | 51417        | 66277,63      | -14860,6        |
| set/08            | 20202        | 27771,31      | -7569,31        | jan/12      | 33203        | 54710,27      | -21507,3        |
| out/08            | 4776         | 28264,99      | -23489          | fev/12      | 24669        | 36064,98      | -11396          |
| nov/08            | 1640         | 17105,21      | -15465,2        | mar/12      | 22040        | 26743,88      | -4703,88        |
| dez/08            | 11404        | 21655,32      | -10251,3        | abr/12      | 15073        | 25944,74      | -10871,7        |
| jan/09            | 15868        | 20157,87      | -4289,87        | mai/12      | 57345        | 23781,78      | 33563,22        |
| fev/09            | 14999        | 26105,62      | -11106,6        | jun/12      | 56128        | 61626,98      | -5498,98        |
| mar/09            | 26366        | 19871,28      | 6494,721        | jul/12      | 47427        | 54493,28      | -7066,28        |
| abr/09            | 20439        | 32623,88      | -12184,9        | ago/12      | 57435        | 48675,76      | 8759,236        |
| mai/09            | 21445        | 29853,84      | -8408,84        | set/12      | 57319        | 45036,38      | 12282,62        |
| jun/09            | 53417        | 31216,85      | 22200,15        | out/12      | 44734        | 51285,35      | -6551,35        |
| jul/09            | 66167        | 54845,98      | 11321,02        | nov/12      | 51751        | 45433,59      | 6317,406        |
| ago/09            | 58771        | 56758,66      | 2012,343        | dez/12      | 50182        | 55058,8       | -4876,8         |
| set/09            | 69093        | 54522,76      | 14570,24        | jan/13      | 57357        | 53258,07      | 4098,927        |
| out/09            | 56976        | 57143,7       | -167,7          | fev/13      | 40104        | 50094,51      | -9990,51        |
| nov/09            | 9237         | 53987,7       | -44750,7        | mar/13      | 35312        | 37465,74      | -2153,74        |
| dez/09            | 12959        | 19503,87      | -6544,87        | abr/13      | 54850        | 33186,15      | 21663,85        |
| jan/10            | 57927        | 24927,79      | 32999,21        | mai/13      | 85679        | 56358,83      | 29320,17        |
| fev/10            | 50399        | 57057,66      | -6658,66        | jun/13      | 68465        | 79635,14      | -11170,1        |
| mar/10            | 39386        | 48096,96      | -8710,96        | jul/13      | 74660        | 64607,71      | 10052,29        |
| abr/10            | 66922        | 41755,44      | 25166,56        | ago/13      | 61595        | 62678,88      | -1083,88        |

| <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> | <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> |
|-------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| set/13      | 37273        | 46252,96      | -8979,96        | abr/16      | 24624        | 25958,5       | -1334,5         |
| out/13      | 33745        | 38249,79      | -4504,79        | mai/16      | 38257        | 33825,51      | 4431,486        |
| nov/13      | 50833        | 38211,54      | 12621,46        | jun/16      | 79607        | 55115,05      | 24491,95        |
| dez/13      | 57110        | 59491,97      | -2381,97        | jul/16      | 79732        | 69156,03      | 10575,97        |
| jan/14      | 54010        | 55731,69      | -1721,69        | ago/16      | 83808        | 63196,92      | 20611,08        |
| fev/14      | 50466        | 48175,99      | 2290,013        | set/16      | 47030        | 63560,06      | -16530,1        |
| mar/14      | 52893        | 40884,6       | 12008,4         | out/16      | 24768        | 39274,41      | -14506,4        |
| abr/14      | 69241        | 46242         | 22999           | nov/16      | 52158        | 41570,86      | 10587,14        |
| mai/14      | 66393        | 68717,46      | -2324,46        | dez/16      | 52964        | 53151,7       | -187,705        |
| jun/14      | 70942        | 65413,35      | 5528,654        | jan/17      | 37119        | 58829,38      | -21710,4        |
| jul/14      | 72290        | 68331,67      | 3958,327        | fev/17      | 12902        | 29558,71      | -16656,7        |
| ago/14      | 53920        | 55324,3       | -1404,3         | mar/17      | 14716        | 15082,95      | -366,953        |
| set/14      | 32225        | 44709,54      | -12484,5        | abr/17      | 23132        | 21136,78      | 1995,216        |
| out/14      | 35900        | 31835,36      | 4064,636        | mai/17      | 43036        | 34841,89      | 8194,108        |
| nov/14      | 60419        | 44767,26      | 15651,74        | jun/17      | 46648        | 58185,97      | -11538          |
| dez/14      | 57902        | 65270,55      | -7368,55        | jul/17      | 37448        | 44086,25      | -6638,25        |
| jan/15      | 50640        | 55114,36      | -4474,36        | ago/17      | 28808        | 37514,08      | -8706,08        |
| fev/15      | 38994        | 45092,15      | -6098,15        | set/17      | 19336        | 18335,49      | 1000,509        |
| mar/15      | 17070        | 28503,68      | -11433,7        | out/17      | 12654        | 28258,62      | -15604,6        |
| abr/15      | 51545        | 25577,02      | 25967,98        | nov/17      | 22168        | 28667,94      | -6499,94        |
| mai/15      | 52728        | 55097,35      | -2369,35        | dez/17      | 33657        | 39548,28      | -5891,28        |
| jun/15      | 73701        | 60819,81      | 12881,19        | jan/18      | 31562        | 41264,67      | -9702,67        |
| jul/15      | 67787        | 69179,15      | -1392,15        | fev/18      | 11554        | 24495,21      | -12941,2        |
| ago/15      | 46262        | 50335,68      | -4073,68        | mar/18      | 15737        | 15978,17      | -241,17         |
| set/15      | 46886        | 39181,3       | 7704,703        | abr/18      | 25471        | 19033,22      | 6437,776        |
| out/15      | 11465        | 39414,36      | -27949,4        | mai/18      | 17451        | 43963,56      | -26512,6        |
| nov/15      | 32699        | 31740,8       | 958,1961        | jun/18      | 50380        | 33287,11      | 17092,89        |
| dez/15      | 36396        | 44606,06      | -8210,06        | jul/18      | 48294        | 52056,47      | -3762,47        |
| jan/16      | 37348        | 41159,82      | -3811,82        | ago/18      | 42793        | 38228,88      | 4564,125        |
| fev/16      | 15543        | 34952,09      | -19409,1        | set/18      | 26196        | 34078,46      | -7882,46        |
| mar/16      | 13605        | 11389,46      | 2215,537        | out/18      | 17790        | 31887,23      | -14097,2        |

Previsão com ARIMA:

| <i>Data</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. Inf.</i> | <i>L. sup.</i> | <i>Data</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. Inf.</i> | <i>L. sup.</i> |
|-------------|-----------------|----------------|----------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|
| nov/18      | 32303,430       | 5997,358       | 58609,501      | mai/19      | 46727,12        | 9907,763       | 83546,49       |
| dez/18      | 47361,219       | 14790,183      | 79932,254      | jun/19      | 53309,57        | 16398,25       | 90220,89       |
| jan/19      | 45359,253       | 10219,145      | 80499,361      | jul/19      | 52895,09        | 15888,89       | 89901,3        |
| fev/19      | 39977,852       | 3539,509       | 76416,196      | ago/19      | 40589,17        | 3570,133       | 77608,21       |
| mar/19      | 31687,424       | -4989,855      | 68364,703      | set/19      | 36124,31        | -895,58        | 73144,19       |
| abr/19      | 35933,221       | -859,167       | 72725,609      | out/19      | 37147,45        | 92,5038        | 74202,4        |

## APÊNDICE D - PREVISÕES PARA PRODUÇÃO

Ajuste com médias móveis:

| <i>Medidas de acurácia</i> |             | <i>Comprimento da Média</i> |
|----------------------------|-------------|-----------------------------|
| MAPE                       | 3,791589065 | 2                           |
| MAD                        | 27582,6     |                             |
| MSD                        | 1351002643  |                             |

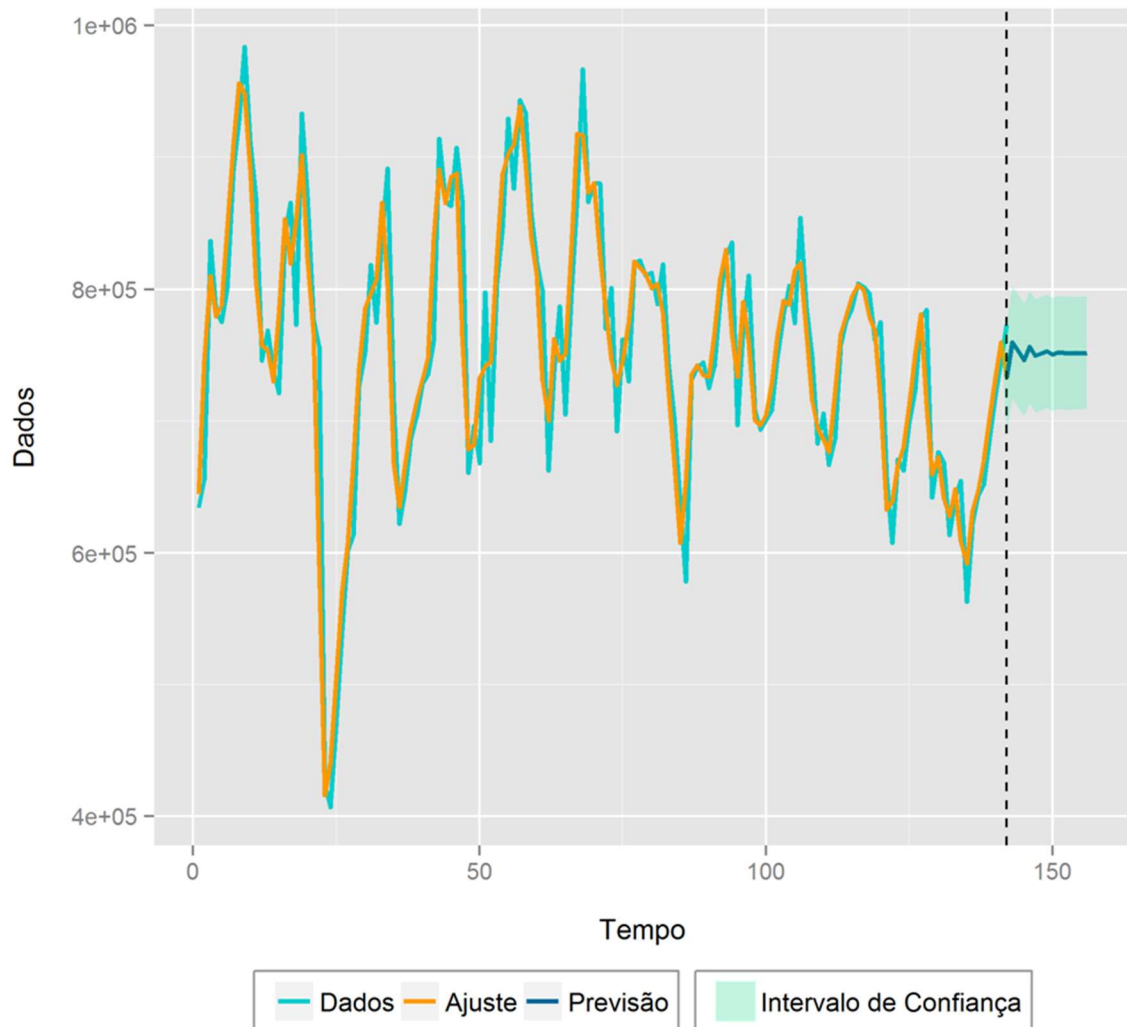
| <i>Tabela das Estimativas</i> |              |               |                 |             |              |               |                 |
|-------------------------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| <i>Data</i>                   | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> | <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> |
| jan/07                        | 634305       |               |                 | jul/09      | 818436       | 785606        | 32830           |
| fev/07                        | 655265       | 644785        | 10480           | ago/09      | 774923       | 796679,5      | -21756,5        |
| mar/07                        | 836596       | 745930,5      | 90665,5         | set/09      | 839653       | 807288        | 32365           |
| abr/07                        | 783584       | 810090        | -26506          | out/09      | 891604       | 865628,5      | 25975,5         |
| mai/07                        | 775237       | 779410,5      | -4173,5         | nov/09      | 714107       | 802855,5      | -88748,5        |
| jun/07                        | 800717       | 787977        | 12740           | dez/09      | 622162       | 668134,5      | -45972,5        |
| jul/07                        | 890508       | 845612,5      | 44895,5         | jan/10      | 647361       | 634761,5      | 12599,5         |
| ago/07                        | 928216       | 909362        | 18854           | fev/10      | 685002       | 666181,5      | 18820,5         |
| set/07                        | 983839       | 956027,5      | 27811,5         | mar/10      | 703656       | 694329        | 9327            |
| out/07                        | 911948       | 947893,5      | -35945,5        | abr/10      | 727978       | 715817        | 12161           |
| nov/07                        | 869774       | 890861        | -21087          | mai/10      | 735191       | 731584,5      | 3606,5          |
| dez/07                        | 745720       | 807747        | -62027          | jun/10      | 760303       | 747747        | 12556           |
| jan/08                        | 768978       | 757349        | 11629           | jul/10      | 914108       | 837205,5      | 76902,5         |
| fev/08                        | 739163       | 754070,5      | -14907,5        | ago/10      | 867291       | 890699,5      | -23408,5        |
| mar/08                        | 721032       | 730097,5      | -9065,5         | set/10      | 863011       | 865151        | -2140           |
| abr/08                        | 841284       | 781158        | 60126           | out/10      | 907146       | 885078,5      | 22067,5         |
| mai/08                        | 865721       | 853502,5      | 12218,5         | nov/10      | 867984       | 887565        | -19581          |
| jun/08                        | 772939       | 819330        | -46391          | dez/10      | 660836       | 764410        | -103574         |
| jul/08                        | 933391       | 853165        | 80226           | jan/11      | 696432       | 678634        | 17798           |
| ago/08                        | 870159       | 901775        | -31616          | fev/11      | 667921       | 682176,5      | -14255,5        |
| set/08                        | 777706       | 823932,5      | -46226,5        | mar/11      | 797765       | 732843        | 64922           |
| out/08                        | 756776       | 767241        | -10465          | abr/11      | 685207       | 741486        | -56279          |
| nov/08                        | 424348       | 590562        | -166214         | mai/11      | 804908       | 745057,5      | 59850,5         |
| dez/08                        | 406719       | 415533,5      | -8814,5         | jun/11      | 846090       | 825499        | 20591           |
| jan/09                        | 475334       | 441026,5      | 34307,5         | jul/11      | 929247       | 887668,5      | 41578,5         |
| fev/09                        | 541865       | 508599,5      | 33265,5         | ago/11      | 876146       | 902696,5      | -26550,5        |
| mar/09                        | 601332       | 571598,5      | 29733,5         | set/11      | 943365       | 909755,5      | 33609,5         |
| abr/09                        | 613591       | 607461,5      | 6129,5          | out/11      | 933983       | 938674        | -4691           |
| mai/09                        | 726782       | 670186,5      | 56595,5         | nov/11      | 858012       | 895997,5      | -37985,5        |
| jun/09                        | 752776       | 739779        | 12997           | dez/11      | 821703       | 839857,5      | -18154,5        |

| <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> | <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> |
|-------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| jan/12      | 799627       | 810665        | -11038          | jun/15      | 748252       | 728234        | 20018           |
| fev/12      | 662416       | 731021,5      | -68605,5        | jul/15      | 779894       | 764073        | 15821           |
| mar/12      | 737995       | 700205,5      | 37789,5         | ago/15      | 802804       | 791349        | 11455           |
| abr/12      | 787055       | 762525        | 24530           | set/15      | 774099       | 788451,5      | -14352,5        |
| mai/12      | 704947       | 746001        | -41054          | out/15      | 854252       | 814175,5      | 40076,5         |
| jun/12      | 797441       | 751194        | 46247           | nov/15      | 785600       | 819926        | -34326          |
| jul/12      | 868720       | 833080,5      | 35639,5         | dez/15      | 748911       | 767255,5      | -18344,5        |
| ago/12      | 967003       | 917861,5      | 49141,5         | jan/16      | 682847       | 715879        | -33032          |
| set/12      | 866294       | 916648,5      | -50354,5        | fev/16      | 705926       | 694386,5      | 11539,5         |
| out/12      | 880526       | 873410        | 7116            | mar/16      | 666941       | 686433,5      | -19492,5        |
| nov/12      | 880282       | 880404        | -122            | abr/16      | 686332       | 676636,5      | 9695,5          |
| dez/12      | 769953       | 825117,5      | -55164,5        | mai/16      | 757000       | 721666        | 35334           |
| jan/13      | 801080       | 785516,5      | 15563,5         | jun/16      | 775832       | 766416        | 9416            |
| fev/13      | 692388       | 746734        | -54346          | jul/16      | 784757       | 780294,5      | 4462,5          |
| mar/13      | 761814       | 727101        | 34713           | ago/16      | 804655       | 794706        | 9949            |
| abr/13      | 729952       | 745883        | -15931          | set/16      | 801871       | 803263        | -1392           |
| mai/13      | 819687       | 774819,5      | 44867,5         | out/16      | 796886       | 799378,5      | -2492,5         |
| jun/13      | 822090       | 820888,5      | 1201,5          | nov/16      | 761599       | 779242,5      | -17643,5        |
| jul/13      | 810630       | 816360        | -5730           | dez/16      | 775171       | 768385        | 6786            |
| ago/13      | 812356       | 811493        | 863             | jan/17      | 657618       | 716394,5      | -58776,5        |
| set/13      | 788940       | 800648        | -11708          | fev/17      | 607589       | 632603,5      | -25014,5        |
| out/13      | 818989       | 803964,5      | 15024,5         | mar/17      | 671138       | 639363,5      | 31774,5         |
| nov/13      | 743323       | 781156        | -37833          | abr/17      | 662646       | 666892        | -4246           |
| dez/13      | 703464       | 723393,5      | -19929,5        | mai/17      | 698286       | 680466        | 17820           |
| jan/14      | 637375       | 670419,5      | -33044,5        | jun/17      | 724317       | 711301,5      | 13015,5         |
| fev/14      | 578291       | 607833        | -29542          | jul/17      | 777521       | 750919        | 26602           |
| mar/14      | 731307       | 654799        | 76508           | ago/17      | 784310       | 780915,5      | 3394,5          |
| abr/14      | 740337       | 735822        | 4515            | set/17      | 642263       | 713286,5      | -71023,5        |
| mai/14      | 744557       | 742447        | 2110            | out/17      | 676714       | 659488,5      | 17225,5         |
| jun/14      | 724943       | 734750        | -9807           | nov/17      | 668461       | 672587,5      | -4126,5         |
| jul/14      | 741731       | 733337        | 8394            | dez/17      | 613748       | 641104,5      | -27356,5        |
| ago/14      | 792050       | 766890,5      | 25159,5         | jan/18      | 641704       | 627726        | 13978           |
| set/14      | 824264       | 808157        | 16107           | fev/18      | 655034       | 648369        | 6665            |
| out/14      | 835436       | 829850        | 5586            | mar/18      | 563014       | 609024        | -46010          |
| nov/14      | 696978       | 766207        | -69229          | abr/18      | 621305       | 592159,5      | 29145,5         |
| dez/14      | 770411       | 733694,5      | 36716,5         | mai/18      | 642876       | 632090,5      | 10785,5         |
| jan/15      | 810364       | 790387,5      | 19976,5         | jun/18      | 651469       | 647172,5      | 4296,5          |
| fev/15      | 708716       | 759540        | -50824          | jul/18      | 688650       | 670059,5      | 18590,5         |
| mar/15      | 693416       | 701066        | -7650           | ago/18      | 719643       | 704146,5      | 15496,5         |
| abr/15      | 700736       | 697076        | 3660            | set/18      | 746242       | 732942,5      | 13299,5         |
| mai/15      | 708216       | 704476        | 3740            | out/18      | 773123       | 759682,5      | 13440,5         |

Previsão com médias móveis:

| <i>Data</i> | <i>L. inf.</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. sup.</i> | <i>Data</i> | <i>L. inf.</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. sup.</i> |
|-------------|----------------|-----------------|----------------|-------------|----------------|-----------------|----------------|
| nov/18      | 690195,94      | 732942,50       | 775689,06      | mai/19      | 708588,5       | 751335,1        | 794081,6       |
| dez/18      | 716935,94      | 759682,50       | 802429,06      | jun/19      | 710268,6       | 753015,1        | 795761,7       |
| jan/19      | 710286,19      | 753032,75       | 795779,31      | jul/19      | 707757,3       | 750503,8        | 793250,4       |
| fev/19      | 703565,94      | 746312,50       | 789059,06      | ago/19      | 709428,5       | 752175,1        | 794921,6       |
| mar/19      | 713611,07      | 756357,63       | 799104,18      | set/19      | 709012,9       | 751759,5        | 794506         |
| abr/19      | 706926,07      | 749672,63       | 792419,18      | out/19      | 708592,9       | 751339,5        | 794086         |

### Suavização Exponencial - Médias Móveis Simples



## Ajuste com suavização exponencial:

| Datas  | Dados     | Previsão  | Erro       | Datas  | Dados     | Previsão  | Erro       |
|--------|-----------|-----------|------------|--------|-----------|-----------|------------|
| jan/07 | 634305,00 | 735718,76 | -101413,76 | mai/10 | 735191,00 | 763376,20 | -28185,20  |
| fev/07 | 655265,00 | 640800,91 | 14464,09   | jun/10 | 760303,00 | 762169,70 | -1866,70   |
| mar/07 | 836596,00 | 688222,94 | 148373,06  | jul/10 | 914108,00 | 825835,71 | 88272,29   |
| abr/07 | 783584,00 | 794359,40 | -10775,40  | ago/10 | 867291,00 | 881613,89 | -14322,89  |
| mai/07 | 775237,00 | 828462,78 | -53225,78  | set/10 | 863011,00 | 858927,54 | 4083,46    |
| jun/07 | 800717,00 | 813051,84 | -12334,84  | out/10 | 907146,00 | 876328,82 | 30817,18   |
| jul/07 | 890508,00 | 868566,18 | 21941,82   | nov/10 | 867984,00 | 803631,50 | 64352,50   |
| ago/07 | 928216,00 | 884862,96 | 43353,04   | dez/10 | 660836,00 | 788144,77 | -127308,77 |
| set/07 | 983839,00 | 896716,95 | 87122,05   | jan/11 | 696432,00 | 710581,61 | -14149,61  |
| out/07 | 911948,00 | 966455,04 | -54507,04  | fev/11 | 667921,00 | 671923,11 | -4002,11   |
| nov/07 | 869774,00 | 843669,14 | 26104,86   | mar/11 | 797765,00 | 707589,48 | 90175,52   |
| dez/07 | 745720,00 | 803382,74 | -57662,74  | abr/11 | 685207,00 | 777368,71 | -92161,71  |
| jan/08 | 768978,00 | 766373,24 | 2604,76    | mai/11 | 804908,00 | 760449,49 | 44458,51   |
| fev/08 | 739163,00 | 736653,12 | 2509,88    | jun/11 | 846090,00 | 804229,24 | 41860,76   |
| mar/08 | 721032,00 | 778054,64 | -57022,64  | jul/11 | 929247,00 | 895717,43 | 33529,57   |
| abr/08 | 841284,00 | 756147,85 | 85136,15   | ago/11 | 876146,00 | 916767,33 | -40621,33  |
| mai/08 | 865721,00 | 848874,62 | 16846,38   | set/11 | 943365,00 | 878074,42 | 65290,58   |
| jun/08 | 772939,00 | 877012,48 | -104073,48 | out/11 | 933983,00 | 933425,18 | 557,82     |
| jul/08 | 933391,00 | 876390,74 | 57000,26   | nov/11 | 858012,00 | 842434,05 | 15577,95   |
| ago/08 | 870159,00 | 914485,34 | -44326,34  | dez/11 | 821703,00 | 795002,67 | 26700,33   |
| set/08 | 777706,00 | 872797,25 | -95091,25  | jan/12 | 799627,00 | 813386,74 | -13759,74  |
| out/08 | 756776,00 | 828939,52 | -72163,52  | fev/12 | 662416,00 | 775069,74 | -112653,74 |
| nov/08 | 424348,00 | 696089,53 | -271741,53 | mar/12 | 737995,00 | 744786,56 | -6791,56   |
| dez/08 | 406719,00 | 471596,46 | -64877,46  | abr/12 | 787055,00 | 753044,68 | 34010,32   |
| jan/09 | 475334,00 | 430747,90 | 44586,10   | mai/12 | 704947,00 | 815169,42 | -110222,42 |
| fev/09 | 541865,00 | 426872,62 | 114992,38  | jun/12 | 797441,00 | 763693,95 | 33747,05   |
| mar/09 | 601332,00 | 536928,61 | 64403,39   | jul/12 | 868720,00 | 850103,62 | 18616,38   |
| abr/09 | 613591,00 | 591199,29 | 22391,71   | ago/12 | 967003,00 | 861230,71 | 105772,29  |
| mai/09 | 726782,00 | 644614,58 | 82167,42   | set/12 | 866294,00 | 913724,09 | -47430,09  |
| jun/09 | 752776,00 | 711758,11 | 41017,89   | out/12 | 880526,00 | 899031,09 | -18505,09  |
| jul/09 | 818436,00 | 802072,54 | 16363,46   | nov/12 | 880282,00 | 796454,09 | 83827,91   |
| ago/09 | 774923,00 | 814135,85 | -39212,85  | dez/12 | 769953,00 | 791151,99 | -21198,99  |
| set/09 | 839653,00 | 775088,23 | 64564,77   | jan/13 | 801080,00 | 779642,26 | 21437,74   |
| out/09 | 891604,00 | 829751,93 | 61852,07   | fev/13 | 692388,00 | 762005,63 | -69617,63  |
| nov/09 | 714107,00 | 777412,80 | -63305,80  | mar/13 | 761814,00 | 759276,23 | 2537,77    |
| dez/09 | 622162,00 | 683311,73 | -61149,73  | abr/13 | 729952,00 | 773685,97 | -43733,97  |
| jan/10 | 647361,00 | 645852,78 | 1508,22    | mai/13 | 819687,00 | 786505,14 | 33181,86   |
| fev/10 | 685002,00 | 616160,69 | 68841,31   | jun/13 | 822090,00 | 824756,14 | -2666,14   |
| mar/10 | 703656,00 | 697297,90 | 6358,10    | jul/13 | 810630,00 | 888596,75 | -77966,75  |
| abr/10 | 727978,00 | 715412,91 | 12565,09   | ago/13 | 812356,00 | 841134,04 | -28778,04  |



| Datas  | Dados     | Previsão  | Erro      | Datas  | Dados     | Previsão  | Erro       |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------|-----------|------------|
| set/13 | 788940,00 | 809259,54 | -20319,54 | abr/16 | 686332,00 | 704944,94 | -18612,94  |
| out/13 | 818989,00 | 811546,39 | 7442,61   | mai/16 | 757000,00 | 733310,25 | 23689,75   |
| nov/13 | 743323,00 | 725967,41 | 17355,59  | jun/16 | 775832,00 | 765639,04 | 10192,96   |
| dez/13 | 703464,00 | 678691,39 | 24772,61  | jul/16 | 784757,00 | 836085,48 | -51328,48  |
| jan/14 | 637375,00 | 695910,42 | -58535,42 | ago/16 | 804655,00 | 806811,14 | -2156,14   |
| fev/14 | 578291,00 | 628127,80 | -49836,80 | set/16 | 801871,00 | 791520,03 | 10350,97   |
| mar/14 | 731307,00 | 638298,01 | 93008,99  | out/16 | 796886,00 | 813310,87 | -16424,87  |
| abr/14 | 740337,00 | 707943,60 | 32393,40  | nov/16 | 761599,00 | 712389,74 | 49209,26   |
| mai/14 | 744557,00 | 768399,71 | -23842,71 | dez/16 | 775171,00 | 686284,80 | 88886,20   |
| jun/14 | 724943,00 | 771185,08 | -46242,08 | jan/17 | 657618,00 | 740923,41 | -83305,41  |
| jul/14 | 741731,00 | 807445,17 | -65714,17 | fev/17 | 607589,00 | 657649,87 | -50060,87  |
| ago/14 | 792050,00 | 768017,64 | 24032,36  | mar/17 | 671138,00 | 667739,77 | 3398,23    |
| set/14 | 824264,00 | 768740,43 | 55523,57  | abr/17 | 662646,00 | 682496,09 | -19850,09  |
| out/14 | 835436,00 | 817997,67 | 17438,33  | mai/17 | 698286,00 | 710522,78 | -12236,78  |
| nov/14 | 696978,00 | 738671,68 | -41693,68 | jun/17 | 724317,00 | 720598,45 | 3718,55    |
| dez/14 | 770411,00 | 655116,18 | 115294,82 | jul/17 | 777521,00 | 786443,71 | -8922,71   |
| jan/15 | 810364,00 | 727232,09 | 83131,91  | ago/17 | 784310,00 | 783768,19 | 541,81     |
| fev/15 | 708716,00 | 746753,88 | -38037,88 | set/17 | 642263,00 | 770263,14 | -128000,14 |
| mar/15 | 693416,00 | 765616,55 | -72200,55 | out/17 | 676714,00 | 706610,42 | -29896,42  |
| abr/15 | 700736,00 | 732944,80 | -32208,80 | nov/17 | 668461,00 | 598051,88 | 70409,12   |
| mai/15 | 708216,00 | 753066,24 | -44850,24 | dez/17 | 613748,00 | 585395,40 | 28352,60   |
| jun/15 | 748252,00 | 742694,34 | 5557,66   | jan/18 | 641704,00 | 601044,61 | 40659,39   |
| jul/15 | 779894,00 | 810650,20 | -30756,20 | fev/18 | 655034,00 | 594422,38 | 60611,62   |
| ago/15 | 802804,00 | 793642,00 | 9162,00   | mar/18 | 563014,00 | 673182,34 | -110168,34 |
| set/15 | 774099,00 | 785524,77 | -11425,77 | abr/18 | 621305,00 | 617788,97 | 3516,03    |
| out/15 | 854252,00 | 793183,83 | 61068,17  | mai/18 | 642876,00 | 660277,13 | -17401,13  |
| nov/15 | 785600,00 | 740127,21 | 45472,79  | jun/18 | 651469,00 | 667332,93 | -15863,93  |
| dez/15 | 748911,00 | 711805,59 | 37105,41  | jul/18 | 688650,00 | 720995,83 | -32345,83  |
| jan/16 | 682847,00 | 735462,59 | -52615,59 | ago/18 | 719643,00 | 703994,52 | 15648,48   |
| fev/16 | 705926,00 | 670199,80 | 35726,20  | set/18 | 746242,00 | 698504,46 | 47737,54   |
| mar/16 | 666941,00 | 734133,66 | -67192,66 | out/18 | 773123,00 | 744025,60 | 29097,40   |

Previsão com suavização exponencial:

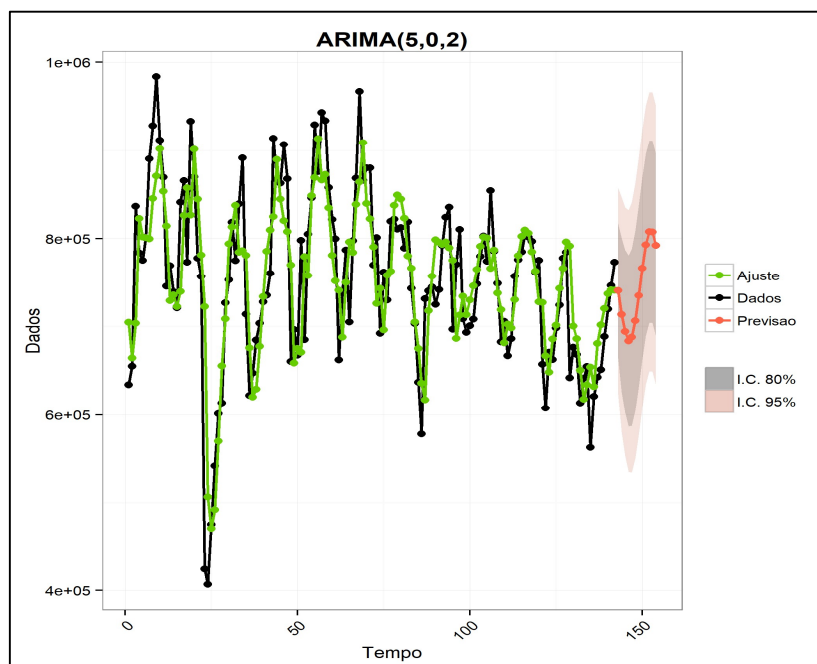
| Datas  | Previsão  | L.inf 95  | L.Sup 95  | Datas  | Previsão  | L.inf 95  | L.Sup 95   |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------|-----------|------------|
| nov/18 | 672789,63 | 557062,95 | 788516,32 | mai/19 | 676647,18 | 467244,34 | 886050,01  |
| dez/18 | 616365,24 | 480465,23 | 752265,25 | jun/19 | 694431,34 | 473239,81 | 915622,87  |
| jan/19 | 614682,26 | 461238,59 | 768125,93 | jul/19 | 757696,04 | 525313,09 | 990079,00  |
| fev/19 | 583227,62 | 414049,88 | 752405,35 | ago/19 | 761088,38 | 518028,74 | 1004148,01 |
| mar/19 | 622964,27 | 439396,15 | 806532,38 | set/19 | 746285,23 | 492998,57 | 999571,89  |
| abr/19 | 636532,83 | 439623,21 | 833442,45 | out/19 | 762230,38 | 499113,90 | 1025346,85 |

| Parâmetros do modelo |           |              |      |      |      |      |
|----------------------|-----------|--------------|------|------|------|------|
| Nível                | Tendência | Sazonalidade | Alfa | beta | gama | fi   |
| 798645,10            | 0,00      | -62926,34    | 0,62 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
|                      |           | -95408,85    |      |      |      |      |
|                      |           | -56891,63    |      |      |      |      |
|                      |           | -42100,98    |      |      |      |      |
|                      |           | -1363,73     |      |      |      |      |
|                      |           | 15993,76     |      |      |      |      |
|                      |           | 79102,04     |      |      |      |      |
|                      |           | 81890,34     |      |      |      |      |
|                      |           | 67054,06     |      |      |      |      |
|                      |           | 83155,50     |      |      |      |      |
|                      |           | -6073,16     |      |      |      |      |
|                      |           | -62431,01    |      |      |      |      |

Ajuste com ARIMA:

| Coeficientes |          |
|--------------|----------|
| ar1          | 2,25248  |
| ar2          | -1,83281 |
| ar3          | 0,517564 |
| ar4          | -0,12856 |
| ar5          | 0,110191 |
| ma1          | -1,71258 |
| ma2          | 0,999311 |
| intercept    | 753256,8 |

| Medidas de acurácia |             |
|---------------------|-------------|
| MAPE                | 6,205050511 |
| MAD                 | 44742,12    |
| MSD                 | 3,51E+09    |



| <b>Resultados</b> |              |               |                 |             |              |               |                 |
|-------------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| <b>Data</b>       | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> | <b>Data</b> | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> |
| jan/07            | 634305       | 704679,3      | -70374,3        | mai/10      | 735191       | 785351,6      | -50160,6        |
| fev/07            | 655265       | 664712,3      | -9447,32        | jun/10      | 760303       | 809473,3      | -49170,3        |
| mar/07            | 836596       | 703802,8      | 132793,2        | jul/10      | 914108       | 825086        | 89022,04        |
| abr/07            | 783584       | 822810,3      | -39226,3        | ago/10      | 867291       | 890075,5      | -22784,5        |
| mai/07            | 775237       | 801856,2      | -26619,2        | set/10      | 863011       | 844951,6      | 18059,44        |
| jun/07            | 800717       | 801010,9      | -293,898        | out/10      | 907146       | 820293,3      | 86852,72        |
| jul/07            | 890508       | 799822,6      | 90685,39        | nov/10      | 867984       | 807962,2      | 60021,79        |
| ago/07            | 928216       | 845365,7      | 82850,31        | dez/10      | 660836       | 769739,4      | -108903         |
| set/07            | 983839       | 871101,2      | 112737,8        | jan/11      | 696432       | 658941        | 37490,99        |
| out/07            | 911948       | 901884,6      | 10063,42        | fev/11      | 667921       | 675236,8      | -7315,81        |
| nov/07            | 869774       | 853689,6      | 16084,37        | mar/11      | 797765       | 671118,3      | 126646,7        |
| dez/07            | 745720       | 814298,9      | -68578,9        | abr/11      | 685207       | 779284,6      | -94077,6        |
| jan/08            | 768978       | 729308        | 39670,02        | mai/11      | 804908       | 757622,4      | 47285,63        |
| fev/08            | 739163       | 735740,7      | 3422,297        | jun/11      | 846090       | 848657,1      | -2567,13        |
| mar/08            | 721032       | 722634,6      | -1602,63        | jul/11      | 929247       | 869217,6      | 60029,4         |
| abr/08            | 841284       | 739551,2      | 101732,8        | ago/11      | 876146       | 913951,7      | -37805,7        |
| mai/08            | 865721       | 826334,3      | 39386,7         | set/11      | 943365       | 866384,4      | 76980,59        |
| jun/08            | 772939       | 857548,2      | -84609,2        | out/11      | 933983       | 873031,8      | 60951,24        |
| jul/08            | 933391       | 826846,6      | 106544,4        | nov/11      | 858012       | 834815,5      | 23196,47        |
| ago/08            | 870159       | 901729,4      | -31570,4        | dez/11      | 821703       | 780851,2      | 40851,85        |
| set/08            | 777706       | 844928,8      | -67222,8        | jan/12      | 799627       | 751675,7      | 47951,31        |
| out/08            | 756776       | 781251,5      | -24475,5        | fev/12      | 662416       | 741076,7      | -78660,7        |
| nov/08            | 424348       | 722455,6      | -298108         | mar/12      | 737995       | 688170,8      | 49824,23        |
| dez/08            | 406719       | 506670,4      | -99951,4        | abr/12      | 787055       | 749871,1      | 37183,9         |
| jan/09            | 475334       | 470867,9      | 4466,131        | mai/12      | 704947       | 796016,4      | -91069,4        |
| fev/09            | 541865       | 492088        | 49777,04        | jun/12      | 797441       | 784150,5      | 13290,45        |
| mar/09            | 601332       | 569871,7      | 31460,27        | jul/12      | 868720       | 838710,7      | 30009,29        |
| abr/09            | 613591       | 655802,7      | -42211,7        | ago/12      | 967003       | 864418,6      | 102584,4        |
| mai/09            | 726782       | 708544,6      | 18237,38        | set/12      | 866294       | 909196,5      | -42902,5        |
| jun/09            | 752776       | 794149,2      | -41373,2        | out/12      | 880526       | 840016        | 40509,97        |
| jul/09            | 818436       | 813315,5      | 5120,486        | nov/12      | 880282       | 822487,4      | 57794,58        |
| ago/09            | 774923       | 837745,2      | -62822,2        | dez/12      | 769953       | 790581,1      | -20628,1        |
| set/09            | 839653       | 784450,2      | 55202,77        | jan/13      | 801080       | 726234        | 74845,99        |
| out/09            | 891604       | 786153,9      | 105450,1        | fev/13      | 692388       | 743042,2      | -50654,2        |
| nov/09            | 714107       | 780712,7      | -66605,7        | mar/13      | 761814       | 696241,9      | 65572,15        |
| dez/09            | 622162       | 676016,4      | -53854,4        | abr/13      | 729952       | 758061        | -28109          |
| jan/10            | 647361       | 620559,7      | 26801,27        | mai/13      | 819687       | 762828,9      | 56858,07        |
| fev/10            | 685002       | 629438,1      | 55563,91        | jun/13      | 822090       | 837818,3      | -15728,3        |
| mar/10            | 703656       | 677579,2      | 26076,8         | jul/13      | 810630       | 849290,6      | -38660,6        |
| abr/10            | 727978       | 733768,4      | -5790,41        | ago/13      | 812356       | 844959,7      | -32603,7        |

| <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> | <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> |
|-------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| set/13      | 788940       | 823009,9      | -34069,9        | abr/16      | 686332       | 698395        | -12063          |
| out/13      | 818989       | 780060        | 38929,02        | mai/16      | 757000       | 730335,3      | 26664,72        |
| nov/13      | 743323       | 766127,6      | -22804,6        | jun/16      | 775832       | 780343,4      | -4511,43        |
| dez/13      | 703464       | 705098,6      | -1634,58        | jul/16      | 784757       | 802499,9      | -17742,9        |
| jan/14      | 637375       | 675103        | -37728          | ago/16      | 804655       | 809738,9      | -5083,92        |
| fev/14      | 578291       | 636214,5      | -57923,5        | set/16      | 801871       | 806207,6      | -4336,56        |
| mar/14      | 731307       | 617410,4      | 113896,6        | out/16      | 796886       | 784851,9      | 12034,12        |
| abr/14      | 740337       | 717747        | 22590,03        | nov/16      | 761599       | 762554        | -954,997        |
| mai/14      | 744557       | 757043,7      | -12486,7        | dez/16      | 775171       | 728039,8      | 47131,21        |
| jun/14      | 724943       | 798653,6      | -73710,6        | jan/17      | 657618       | 727125,5      | -69507,5        |
| jul/14      | 741731       | 795621,5      | -53890,5        | fev/17      | 607589       | 667056        | -59467          |
| ago/14      | 792050       | 793317,3      | -1267,28        | mar/17      | 671138       | 648586,1      | 22551,89        |
| set/14      | 824264       | 795948,8      | 28315,24        | abr/17      | 662646       | 686093,6      | -23447,6        |
| out/14      | 835436       | 789528,3      | 45907,72        | mai/17      | 698286       | 701481,9      | -3195,9         |
| nov/14      | 696978       | 775283,4      | -78305,4        | jun/17      | 724317       | 743273,7      | -18956,7        |
| dez/14      | 770411       | 686710,6      | 83700,39        | jul/17      | 777521       | 765811,9      | 11709,13        |
| jan/15      | 810364       | 712827,9      | 97536,05        | ago/17      | 784310       | 796158,2      | -11848,2        |
| fev/15      | 708716       | 734124,4      | -25408,4        | set/17      | 642263       | 791660,4      | -149397         |
| mar/15      | 693416       | 713301,9      | -19885,9        | out/17      | 676714       | 700473,8      | -23759,8        |
| abr/15      | 700736       | 729878,9      | -29142,9        | nov/17      | 668461       | 686382,4      | -17921,4        |
| mai/15      | 708216       | 745994,1      | -37778,1        | dez/17      | 613748       | 650639,6      | -36891,6        |
| jun/15      | 748252       | 764805,2      | -16553,2        | jan/18      | 641704       | 618069,6      | 23634,38        |
| jul/15      | 779894       | 790984,2      | -11090,2        | fev/18      | 655034       | 634459,8      | 20574,24        |
| ago/15      | 802804       | 801887,1      | 916,9386        | mar/18      | 563014       | 654318        | -91304          |
| set/15      | 774099       | 800663,5      | -26564,5        | abr/18      | 621305       | 632323        | -11018          |
| out/15      | 854252       | 766041,7      | 88210,35        | mai/18      | 642876       | 680846,5      | -37970,5        |
| nov/15      | 785600       | 786828,9      | -1228,94        | jun/18      | 651469       | 702096,4      | -50627,4        |
| dez/15      | 748911       | 737931,7      | 10979,27        | jul/18      | 688650       | 720435,9      | -31785,9        |
| jan/16      | 682847       | 718912,6      | -36065,6        | ago/18      | 719643       | 737223,7      | -17580,7        |
| fev/16      | 705926       | 681527,4      | 24398,62        | set/18      | 746242       | 741508        | 4734,003        |
| mar/16      | 666941       | 702594,2      | -35653,2        | out/18      | 773123       | 741198,8      | 31924,19        |

Previsão com ARIMA:

| <i>Data</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. inf.</i> | <i>L. sup</i> | <i>Data</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. inf.</i> | <i>L. sup</i> |
|-------------|-----------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|---------------|
| nov/18      | 740580,4711     | 623745,7063    | 857415,2358   | mai/19      | 734941,4        | 577298         | 892584,8      |
| dez/18      | 713557,8726     | 580175,2239    | 846940,5213   | jun/19      | 766380,1        | 608167,4       | 924592,8      |
| jan/19      | 694548,9616     | 553438,466     | 835659,4573   | jul/19      | 792927,6        | 634605,4       | 951249,7      |
| fev/19      | 683891,3046     | 535376,7384    | 832405,8708   | ago/19      | 807894,9        | 649582,6       | 966207,3      |
| mar/19      | 687884,7021     | 534545,1665    | 841224,2378   | set/19      | 807609,7        | 649291,8       | 965927,6      |
| abr/19      | 706463,0384     | 550309,2069    | 862616,8699   | out/19      | 792371,1        | 634040,7       | 950701,6      |

## APÊNDICE E - PREVISÕES PARA CONSUMO

Ajuste com médias móveis:

| <b>Medidas de acurácia</b> |             | <b>Comprimento da Média</b> |
|----------------------------|-------------|-----------------------------|
| MAPE                       | 8,306512809 | 2                           |
| MAD                        | 191861,5071 |                             |
| MSD                        | 58617498891 |                             |

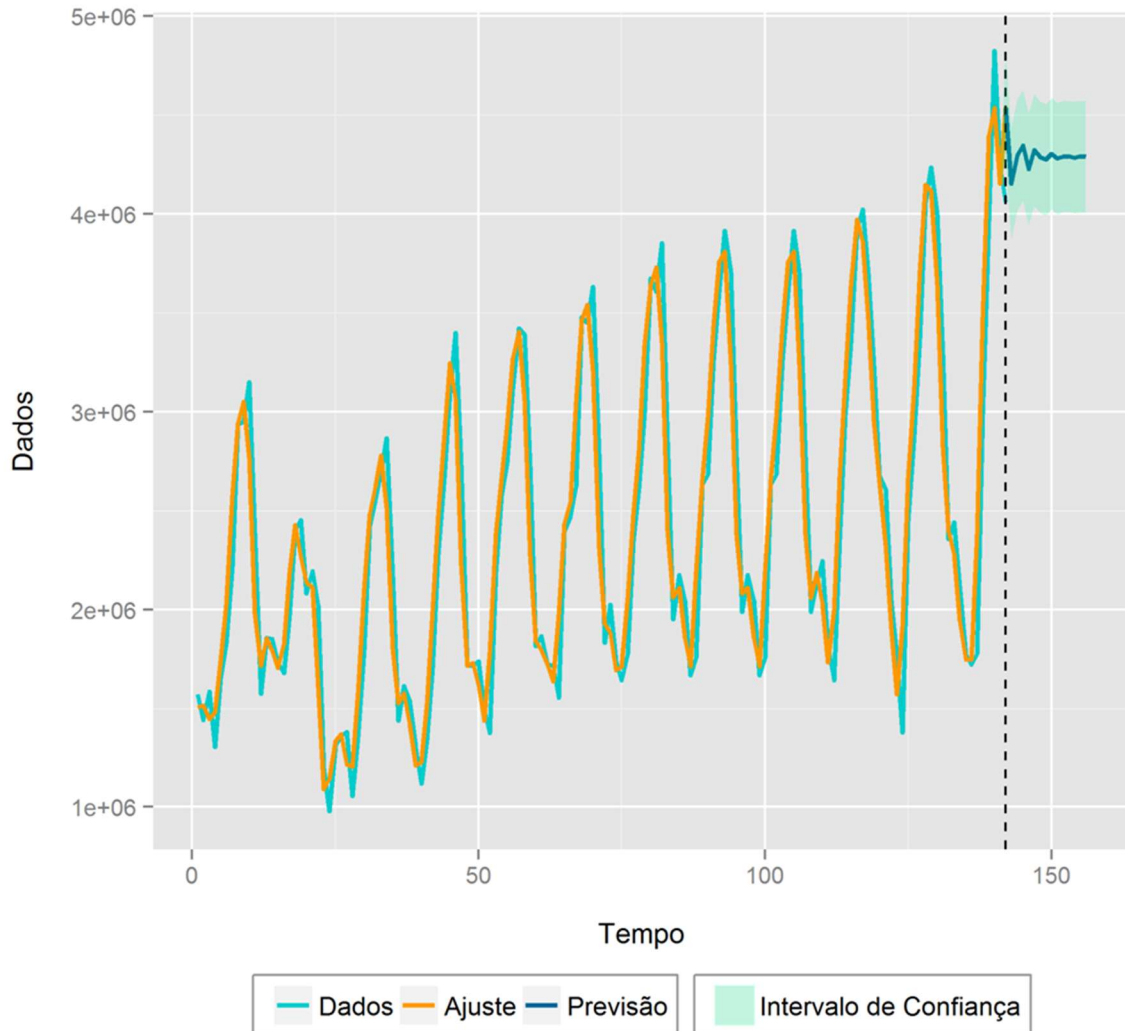
| <b>Tabela das Estimativas</b> |              |               |                 |             |              |               |                 |
|-------------------------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| <b>Data</b>                   | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> | <b>Data</b> | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> |
| jan/07                        | 1571409      |               |                 | jul/09      | 2419063      | 2107370       | 311693          |
| fev/07                        | 1441857      | 1506633       | -64776          | ago/09      | 2550660      | 2484862       | 65798,5         |
| mar/07                        | 1587530      | 1514693,5     | 72836,5         | set/09      | 2692668      | 2621664       | 71004           |
| abr/07                        | 1307289      | 1447409,5     | -140120,5       | out/09      | 2867630      | 2780149       | 87481           |
| mai/07                        | 1654836      | 1481062,5     | 173773,5        | nov/09      | 2166517      | 2517074       | -350557         |
| jun/07                        | 1829387      | 1742111,5     | 87275,5         | dez/09      | 1437876      | 1802197       | -364321         |
| jul/07                        | 2218896      | 2024141,5     | 194754,5        | jan/10      | 1613857      | 1525867       | 87990,5         |
| ago/07                        | 2936944      | 2577920       | 359024          | fev/10      | 1541496      | 1577677       | -36180,5        |
| set/07                        | 2949204      | 2943074       | 6130            | mar/10      | 1306271      | 1423884       | -117613         |
| out/07                        | 3150471      | 3049837,5     | 100633,5        | abr/10      | 1116490      | 1211381       | -94890,5        |
| nov/07                        | 2387268      | 2768869,5     | -381601,5       | mai/10      | 1342309      | 1229400       | 112909,5        |
| dez/07                        | 1573902      | 1980585       | -406683         | jun/10      | 1705861      | 1524085       | 181776          |
| jan/08                        | 1857471      | 1715686,5     | 141784,5        | jul/10      | 2279621      | 1992741       | 286880          |
| fev/08                        | 1852384      | 1854927,5     | -2543,5         | ago/10      | 2667406      | 2473514       | 193892,5        |
| mar/08                        | 1732624      | 1792504       | -59880          | set/10      | 3095265      | 2881336       | 213929,5        |
| abr/08                        | 1680678      | 1706651       | -25973          | out/10      | 3400364      | 3247815       | 152549,5        |
| mai/08                        | 1972888      | 1826783       | 146105          | nov/10      | 2731701      | 3066033       | -334332         |
| jun/08                        | 2403717      | 2188302,5     | 215414,5        | dez/10      | 1715545      | 2223623       | -508078         |
| jul/08                        | 2452191      | 2427954       | 24237           | jan/11      | 1720856      | 1718201       | 2655,5          |
| ago/08                        | 2083541      | 2267866       | -184325         | fev/11      | 1739161      | 1730009       | 9152,5          |
| set/08                        | 2196593      | 2140067       | 56526           | mar/11      | 1499974      | 1619568       | -119594         |
| out/08                        | 2023363      | 2109978       | -86615          | abr/11      | 1377007      | 1438491       | -61483,5        |
| nov/08                        | 1196385      | 1609874       | -413489         | mai/11      | 2192847      | 1784927       | 407920          |
| dez/08                        | 977397       | 1086891       | -109494         | jun/11      | 2578738      | 2385793       | 192945,5        |
| jan/09                        | 1313453      | 1145425       | 168028          | jul/11      | 2745061      | 2661900       | 83161,5         |
| fev/09                        | 1362398      | 1337925,5     | 24472,5         | ago/11      | 3117602      | 2931332       | 186270,5        |
| mar/09                        | 1381814      | 1372106       | 9708            | set/11      | 3421724      | 3269663       | 152061          |
| abr/09                        | 1053783      | 1217798,5     | -164015,5       | out/11      | 3391235      | 3406480       | -15244,5        |
| mai/09                        | 1358762      | 1206272,5     | 152489,5        | nov/11      | 2725334      | 3058285       | -332951         |
| jun/09                        | 1795677      | 1577219,5     | 218457,5        | dez/11      | 1816716      | 2271025       | -454309         |

| <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> | <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> |
|-------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| jan/12      | 1865687      | 1841201,5     | 24485,5         | jun/15      | 2682830      | 2656096       | 26734,5         |
| fev/12      | 1724303      | 1794995       | -70692          | jul/15      | 3262552      | 2972691       | 289861          |
| mar/12      | 1717828      | 1721065,5     | -3237,5         | ago/15      | 3606064      | 3434308       | 171756          |
| abr/12      | 1556680      | 1637254       | -80574          | set/15      | 3914292      | 3760178       | 154114          |
| mai/12      | 2394281      | 1975480,5     | 418800,5        | out/15      | 3706099      | 3810196       | -104097         |
| jun/12      | 2469978      | 2432129,5     | 37848,5         | nov/15      | 2772825      | 3239462       | -466637         |
| jul/12      | 2622968      | 2546473       | 76495           | dez/15      | 1988384      | 2380605       | -392221         |
| ago/12      | 3478611      | 3050789,5     | 427821,5        | jan/16      | 2129366      | 2058875       | 70491           |
| set/12      | 3450451      | 3464531       | -14080          | fev/16      | 2245917      | 2187642       | 58275,5         |
| out/12      | 3633119      | 3541785       | 91334           | mar/16      | 1823711      | 2034814       | -211103         |
| nov/12      | 2789009      | 3211064       | -422055         | abr/16      | 1642780      | 1733246       | -90465,5        |
| dez/12      | 1834091      | 2311550       | -477459         | mai/16      | 2353852      | 1998316       | 355536          |
| jan/13      | 2025527      | 1929809       | 95718           | jun/16      | 2986298      | 2670075       | 316223          |
| fev/13      | 1742758      | 1884142,5     | -141384,5       | jul/16      | 3346162      | 3166230       | 179932          |
| mar/13      | 1643967      | 1693362,5     | -49395,5        | ago/16      | 3924053      | 3635108       | 288945,5        |
| abr/13      | 1777408      | 1710687,5     | 66720,5         | set/16      | 4021881      | 3972967       | 48914           |
| mai/13      | 2344927      | 2061167,5     | 283759,5        | out/16      | 3698403      | 3860142       | -161739         |
| jun/13      | 2615445      | 2480186       | 135259          | nov/16      | 3235239      | 3466821       | -231582         |
| jul/13      | 2995704      | 2805574,5     | 190129,5        | dez/16      | 2675753      | 2955496       | -279743         |
| ago/13      | 3674174      | 3334939       | 339235          | jan/17      | 2609254      | 2642504       | -33249,5        |
| set/13      | 3607524      | 3640849       | -33325          | fev/17      | 2044113      | 2326684       | -282571         |
| out/13      | 3853791      | 3730657,5     | 123133,5        | mar/17      | 1764616      | 1904365       | -139749         |
| nov/13      | 2849101      | 3351446       | -502345         | abr/17      | 1379777      | 1572197       | -192420         |
| dez/13      | 1951586      | 2400343,5     | -448757,5       | mai/17      | 2450954      | 1915366       | 535588,5        |
| jan/14      | 2175907      | 2063746,5     | 112160,5        | jun/17      | 2882984      | 2666969       | 216015          |
| fev/14      | 2045629      | 2110768       | -65139          | jul/17      | 3369869      | 3126427       | 243442,5        |
| mar/14      | 1669626      | 1857627,5     | -188001,5       | ago/17      | 4058602      | 3714236       | 344366,5        |
| abr/14      | 1755497      | 1712561,5     | 42935,5         | set/17      | 4234427      | 4146515       | 87912,5         |
| mai/14      | 2629361      | 2192429       | 436932          | out/17      | 3998408      | 4116418       | -118010         |
| jun/14      | 2682830      | 2656095,5     | 26734,5         | nov/17      | 3287855      | 3643132       | -355277         |
| jul/14      | 3262552      | 2972691       | 289861          | dez/17      | 2357981      | 2822918       | -464937         |
| ago/14      | 3606064      | 3434308       | 171756          | jan/18      | 2443088      | 2400535       | 42553,5         |
| set/14      | 3914292      | 3760178       | 154114          | fev/18      | 2118832      | 2280960       | -162128         |
| out/14      | 3706099      | 3810195,5     | -104096,5       | mar/18      | 1773530      | 1946181       | -172651         |
| nov/14      | 2772825      | 3239462       | -466637         | abr/18      | 1721941      | 1747736       | -25794,5        |
| dez/14      | 1988384      | 2380604,5     | -392220,5       | mai/18      | 1775477      | 1748709       | 26768           |
| jan/15      | 2175907      | 2082145,5     | 93761,5         | jun/18      | 2985574      | 2380526       | 605048,5        |
| fev/15      | 2045629      | 2110768       | -65139          | jul/18      | 3964453      | 3475014       | 489439,5        |
| mar/15      | 1669626      | 1857627,5     | -188001,5       | ago/18      | 4824693      | 4394573       | 430120          |
| abr/15      | 1755497      | 1712561,5     | 42935,5         | set/18      | 4247931      | 4536312       | -288381         |
| mai/15      | 2629361      | 2192429       | 436932          | out/18      | 4060667      | 4154299       | -93632          |

Previsão com médias móveis:

| <i>Data</i> | <i>L. inf.</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. sup.</i> | <i>Data</i> | <i>L. inf.</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. sup.</i> |
|-------------|----------------|-----------------|----------------|-------------|----------------|-----------------|----------------|
| nov/18      | 4254904,94     | 4536312,00      | 4817719,06     | mai/19      | 4004442,81     | 4285849,88      | 4567256,94     |
| dez/18      | 3872891,94     | 4154299,00      | 4435706,06     | jun/19      | 3992738,81     | 4274145,88      | 4555552,94     |
| jan/19      | 4017082,44     | 4298489,50      | 4579896,56     | jul/19      | 4022466,62     | 4303873,69      | 4585280,75     |
| fev/19      | 4063898,44     | 4345305,50      | 4626712,56     | ago/19      | 3998590,81     | 4279997,88      | 4561404,94     |
| mar/19      | 3944987,19     | 4226394,25      | 4507801,31     | set/19      | 4007602,72     | 4289009,78      | 4570416,85     |
| abr/19      | 4040490,44     | 4321897,50      | 4603304,56     | out/19      | 4010528,72     | 4291935,78      | 4573342,85     |

### Suavização Exponencial - Médias Móveis Simples



Ajuste com suavização exponencial:

| <b>Datas</b> | <b>Dados</b> | <b>Previsão</b> | <b>Erro</b> | <b>Datas</b> | <b>Dados</b> | <b>Previsão</b> | <b>Erro</b> |
|--------------|--------------|-----------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|-------------|
| jan/07       | 1571409,00   | 1495347,48      | 76061,52    | mai/10       | 1342309,00   | 1597574,23      | -255265,23  |
| fev/07       | 1441857,00   | 1454224,31      | -12367,31   | jun/10       | 1705861,00   | 1632635,18      | 73225,82    |
| mar/07       | 1587530,00   | 1273180,21      | 314349,79   | jul/10       | 2279621,00   | 1943745,45      | 335875,55   |
| abr/07       | 1307289,00   | 1404579,30      | -97290,30   | ago/10       | 2667406,00   | 2511939,86      | 155466,14   |
| mai/07       | 1654836,00   | 1871633,33      | -216797,33  | set/10       | 3095265,00   | 2768103,82      | 327161,18   |
| jun/07       | 1829387,00   | 1979624,62      | -150237,62  | out/10       | 3400364,00   | 3032293,37      | 368070,63   |
| jul/07       | 2218896,00   | 2139727,24      | 79168,76    | nov/10       | 2731701,00   | 2534833,53      | 196867,47   |
| ago/07       | 2936944,00   | 2513043,08      | 423900,92   | dez/10       | 1715545,00   | 1906129,58      | -190584,58  |
| set/07       | 2949204,00   | 2988355,34      | -39151,34   | jan/11       | 1720856,00   | 1891683,96      | -170827,96  |
| out/07       | 3150471,00   | 2962040,04      | 188430,96   | fev/11       | 1739161,00   | 1641393,60      | 97767,40    |
| nov/07       | 2387268,00   | 2380232,02      | 7035,98     | mar/11       | 1499974,00   | 1517224,77      | -17250,77   |
| dez/07       | 1573902,00   | 1687998,00      | -114096,00  | abr/11       | 1377007,00   | 1380568,03      | -3561,03    |
| jan/08       | 1857471,00   | 1713820,98      | 143650,02   | mai/11       | 2192847,00   | 1934911,78      | 257935,22   |
| fev/08       | 1852384,00   | 1707032,27      | 145351,73   | jun/11       | 2578738,00   | 2501153,40      | 77584,60    |
| mar/08       | 1732624,00   | 1608939,13      | 123684,87   | jul/11       | 2745061,00   | 2950379,32      | -205318,32  |
| abr/08       | 1680678,00   | 1571996,54      | 108681,46   | ago/11       | 3117602,00   | 3171933,47      | -54331,47   |
| mai/08       | 1972888,00   | 2333646,57      | -360758,57  | set/11       | 3421724,00   | 3290985,51      | 130738,49   |
| jun/08       | 2403717,00   | 2386876,37      | 16840,63    | out/11       | 3391235,00   | 3402468,59      | -11233,59   |
| jul/08       | 2452191,00   | 2761172,63      | -308981,63  | nov/11       | 2725334,00   | 2589573,36      | 135760,64   |
| ago/08       | 2083541,00   | 2879259,63      | -795718,63  | dez/11       | 1816716,00   | 1907624,55      | -90908,55   |
| set/08       | 2196593,00   | 2365658,27      | -169065,27  | jan/12       | 1865687,00   | 1977516,53      | -111829,53  |
| out/08       | 2023363,00   | 2238276,26      | -214913,26  | fev/12       | 1724303,00   | 1767315,52      | -43012,52   |
| nov/08       | 1196385,00   | 1583527,65      | -387142,65  | mar/12       | 1717828,00   | 1529999,87      | 187828,13   |
| dez/08       | 977397,00    | 905292,27       | 72104,73    | abr/12       | 1556680,00   | 1539854,40      | 16825,60    |
| jan/09       | 1313453,00   | 1032589,34      | 280863,66   | mai/12       | 2394281,00   | 2183989,43      | 210291,57   |
| fev/09       | 1362398,00   | 1170722,59      | 191675,41   | jun/12       | 2469978,00   | 2746221,12      | -276243,12  |
| mar/09       | 1381814,00   | 1166995,59      | 214818,41   | jul/12       | 2622968,00   | 2910628,70      | -287660,70  |
| abr/09       | 1053783,00   | 1230378,92      | -176595,92  | ago/12       | 3478611,00   | 3055029,82      | 423581,18   |
| mai/09       | 1358762,00   | 1534553,48      | -175791,48  | set/12       | 3450451,00   | 3563588,63      | -113137,63  |
| jun/09       | 1795677,00   | 1628162,84      | 167514,16   | out/12       | 3633119,00   | 3482842,51      | 150276,49   |
| jul/09       | 2419063,00   | 2021620,95      | 397442,05   | nov/12       | 2789009,00   | 2748930,26      | 40078,74    |
| ago/09       | 2550660,00   | 2661790,60      | -111130,60  | dez/12       | 1834091,00   | 1965407,14      | -131316,14  |
| set/09       | 2692668,00   | 2705204,32      | -12536,32   | jan/13       | 2025527,00   | 2005490,66      | 20036,34    |
| out/09       | 2867630,00   | 2700750,60      | 166879,40   | fev/13       | 1742758,00   | 1890631,94      | -147873,94  |
| nov/09       | 2166517,00   | 2162778,31      | 3738,69     | mar/13       | 1643967,00   | 1568675,80      | 75291,20    |
| dez/09       | 1437876,00   | 1536209,34      | -98333,34   | abr/13       | 1777408,00   | 1492791,77      | 284616,23   |
| jan/10       | 1613857,00   | 1569710,61      | 44146,39    | mai/13       | 2344927,00   | 2414726,16      | -69799,16   |
| fev/10       | 1541496,00   | 1497912,01      | 43583,99    | jun/13       | 2615445,00   | 2754159,93      | -138714,93  |
| mar/10       | 1306271,00   | 1353909,40      | -47638,40   | jul/13       | 2995704,00   | 3043701,25      | -47997,25   |
| abr/10       | 1116490,00   | 1209285,99      | -92795,99   | ago/13       | 3674174,00   | 3428029,87      | 246144,13   |



| <b>Datas</b> | <b>Dados</b> | <b>Previsão</b> | <b>Erro</b> | <b>Datas</b> | <b>Dados</b> | <b>Previsão</b> | <b>Erro</b> |
|--------------|--------------|-----------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|-------------|
| set/13       | 3607524,00   | 3803402,82      | -195878,82  | abr/16       | 1642780,00   | 1704047,29      | -61267,29   |
| out/13       | 3853791,00   | 3661007,63      | 192783,37   | mai/16       | 2353852,00   | 2324342,85      | 29509,15    |
| nov/13       | 2849101,00   | 2909535,78      | -60434,78   | jun/16       | 2986298,00   | 2727850,24      | 258447,76   |
| dez/13       | 1951586,00   | 2021659,70      | -70073,70   | jul/16       | 3346162,00   | 3381625,55      | -35463,55   |
| jan/14       | 2175907,00   | 2119317,09      | 56589,91    | ago/16       | 3924053,00   | 3823772,93      | 100280,07   |
| fev/14       | 2045629,00   | 2022093,51      | 23535,49    | set/16       | 4021881,00   | 4098506,21      | -76625,21   |
| mar/14       | 1669626,00   | 1805763,86      | -136137,86  | out/16       | 3698403,00   | 4048435,12      | -350032,12  |
| abr/14       | 1755497,00   | 1560630,69      | 194866,31   | nov/16       | 3235239,00   | 2879913,41      | 355325,59   |
| mai/14       | 2629361,00   | 2406016,87      | 223344,13   | dez/16       | 2675753,00   | 2232088,31      | 443664,69   |
| jun/14       | 2682830,00   | 3011201,04      | -328371,04  | jan/17       | 2609254,00   | 2781072,77      | -171818,77  |
| jul/14       | 3262552,00   | 3169678,12      | 92873,88    | fev/17       | 2044113,00   | 2476153,27      | -432040,27  |
| ago/14       | 3606064,00   | 3700705,78      | -94641,78   | mar/17       | 1764616,00   | 1885175,77      | -120559,77  |
| set/14       | 3914292,00   | 3804851,44      | 109440,56   | abr/17       | 1379777,00   | 1651687,07      | -271910,07  |
| out/14       | 3706099,00   | 3906304,73      | -200205,73  | mai/17       | 2450954,00   | 2020355,08      | 430598,92   |
| nov/14       | 2772825,00   | 2859803,59      | -86978,59   | jun/17       | 2882984,00   | 2741784,67      | 141199,33   |
| dez/14       | 1988384,00   | 1971578,82      | 16805,18    | jul/17       | 3369869,00   | 3288300,08      | 81568,92    |
| jan/15       | 2175907,00   | 2139964,88      | 35942,12    | ago/17       | 4058602,00   | 3823247,70      | 235354,30   |
| fev/15       | 2045629,00   | 2025976,25      | 19652,75    | set/17       | 4234427,00   | 4207142,51      | 27284,49    |
| mar/15       | 1669626,00   | 1804937,53      | -135311,53  | out/17       | 3998408,00   | 4236024,45      | -237616,45  |
| abr/15       | 1755497,00   | 1563593,24      | 191903,76   | nov/17       | 3287855,00   | 3096698,03      | 191156,97   |
| mai/15       | 2629361,00   | 2406149,67      | 223211,33   | dez/17       | 2357981,00   | 2296184,63      | 61796,37    |
| jun/15       | 2682830,00   | 3005161,31      | -322331,31  | jan/18       | 2443088,00   | 2521241,96      | -78153,96   |
| jul/15       | 3262552,00   | 3172557,55      | 89994,45    | fev/18       | 2118832,00   | 2299071,26      | -180239,26  |
| ago/15       | 3606064,00   | 3699388,46      | -93324,46   | mar/18       | 1773530,00   | 1904982,99      | -131452,99  |
| set/15       | 3914292,00   | 3806619,32      | 107672,68   | abr/18       | 1721941,00   | 1660414,77      | 61526,23    |
| out/15       | 3706099,00   | 3903564,90      | -197465,90  | mai/18       | 1775477,00   | 2408290,25      | -632813,25  |
| nov/15       | 2772825,00   | 2859946,21      | -87121,21   | jun/18       | 2985574,00   | 2221015,76      | 764558,24   |
| dez/15       | 1988384,00   | 1972368,61      | 16015,39    | jul/18       | 3964453,00   | 3249744,33      | 714708,67   |
| jan/16       | 2129366,00   | 2140326,71      | -10960,71   | ago/18       | 4824693,00   | 4346271,22      | 478421,78   |
| fev/16       | 2245917,00   | 1991856,54      | 254060,46   | set/18       | 4247931,00   | 4953286,97      | -705355,97  |
| mar/16       | 1823711,00   | 1935409,18      | -111698,18  | out/18       | 4060667,00   | 4406074,49      | -345407,49  |

Previsão com suavização exponencial:

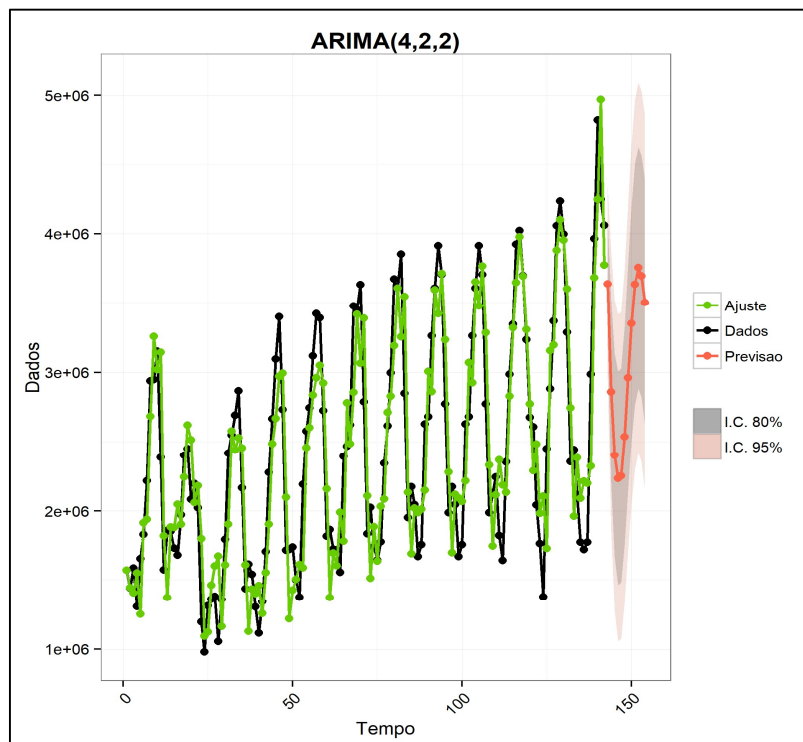
| <b>Datas</b> | <b>Previsão</b> | <b>L.inf 95</b> | <b>L.Sup 95</b> | <b>Datas</b> | <b>Previsão</b> | <b>L.inf 95</b> | <b>L.Sup 95</b> |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| nov/18       | 3165917,19      | 2535127,04      | 3796707,34      | mai/19       | 2571739,82      | 1451962,95      | 3691516,69      |
| dez/18       | 2238500,54      | 1670931,69      | 2806069,38      | jun/19       | 3004289,75      | 1610851,35      | 4397728,15      |
| jan/19       | 2405786,23      | 1687944,41      | 3123628,06      | jul/19       | 3458259,70      | 1761153,66      | 5155365,74      |
| fev/19       | 2247293,23      | 1488743,58      | 3005842,87      | ago/19       | 3941374,18      | 1905973,52      | 5976774,85      |
| mar/19       | 1984041,53      | 1244359,06      | 2723723,99      | set/19       | 4124989,51      | 1893238,89      | 6356740,14      |
| abr/19       | 1830034,43      | 1088453,56      | 2571615,30      | out/19       | 4132385,52      | 1798750,36      | 6466020,68      |

| Parâmetros do modelo |           |              |      |      |      |      |
|----------------------|-----------|--------------|------|------|------|------|
| Nível                | Tendência | Sazonalidade | alfa | beta | gama | fi   |
| 1821065,88           | 0,00      | 0,82         | 0,78 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
|                      |           | 0,77         |      |      |      |      |
|                      |           | 0,68         |      |      |      |      |
|                      |           | 0,63         |      |      |      |      |
|                      |           | 0,88         |      |      |      |      |
|                      |           | 1,03         |      |      |      |      |
|                      |           | 1,18         |      |      |      |      |
|                      |           | 1,35         |      |      |      |      |
|                      |           | 1,41         |      |      |      |      |
|                      |           | 1,42         |      |      |      |      |
|                      |           | 1,08         |      |      |      |      |
|                      |           | 0,77         |      |      |      |      |

Ajuste com ARIMA:

| Coeficientes |          |
|--------------|----------|
| ar1          | 1,030768 |
| ar2          | -0,40173 |
| ar3          | 0,193457 |
| ar4          | -0,3608  |
| ma1          | -1,98214 |
| ma2          | 0,98253  |

| Medidas de acurácia |             |
|---------------------|-------------|
| MAPE                | 13,44735602 |
| MAD                 | 293453,2    |
| MSD                 | 1,23E+11    |



| <b>Resultados</b> |              |               |                 |             |              |               |                 |
|-------------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| <b>Data</b>       | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> | <b>Data</b> | <b>Dados</b> | <b>Ajuste</b> | <b>Resíduos</b> |
| jan/07            | 1571409      | 1570706       | 702,7553        | mai/10      | 1342309      | 1258098       | 84211,46        |
| fev/07            | 1441857      | 1444255       | -2397,94        | jun/10      | 1705861      | 1553643       | 152217,9        |
| mar/07            | 1587530      | 1406960       | 180569,8        | jul/10      | 2279621      | 1904933       | 374688,1        |
| abr/07            | 1307289      | 1551618       | -244329         | ago/10      | 2667406      | 2487048       | 180358          |
| mai/07            | 1654836      | 1253150       | 401686,2        | set/10      | 3095265      | 2668454       | 426811,4        |
| jun/07            | 1829387      | 1913761       | -84374          | out/10      | 3400364      | 2970852       | 429511,7        |
| jul/07            | 2218896      | 1938919       | 279977,5        | nov/10      | 2731701      | 2994579       | -262878         |
| ago/07            | 2936944      | 2683933       | 253011,1        | dez/10      | 1715545      | 2098042       | -382497         |
| set/07            | 2949204      | 3257859       | -308655         | jan/11      | 1720856      | 1219594       | 501261,7        |
| out/07            | 3150471      | 3020275       | 130196,2        | fev/11      | 1739161      | 1428323       | 310837,8        |
| nov/07            | 2387268      | 3143427       | -756159         | mar/11      | 1499974      | 1504985       | -5011,35        |
| dez/07            | 1573902      | 1819404       | -245502         | abr/11      | 1377007      | 1611553       | -234546         |
| jan/08            | 1857471      | 1372887       | 484584,2        | mai/11      | 2192847      | 1589357       | 603490,4        |
| fev/08            | 1852384      | 1883285       | -30900,8        | jun/11      | 2578738      | 2459271       | 119467,2        |
| mar/08            | 1732624      | 1879983       | -147359         | jul/11      | 2745061      | 2602663       | 142398,4        |
| abr/08            | 1680678      | 2049358       | -368680         | ago/11      | 3117602      | 2837088       | 280514,3        |
| mai/08            | 1972888      | 1905010       | 67878,04        | set/11      | 3421724      | 2961551       | 460172,8        |
| jun/08            | 2403717      | 2246603       | 157113,9        | out/11      | 3391235      | 3050334       | 340900,9        |
| jul/08            | 2452191      | 2621616       | -169425         | nov/11      | 2725334      | 2922156       | -196822         |
| ago/08            | 2083541      | 2515468       | -431927         | dez/11      | 1816716      | 2159208       | -342492         |
| set/08            | 2196593      | 2060371       | 136222,1        | jan/12      | 1865687      | 1375141       | 490545,6        |
| out/08            | 2023363      | 2183266       | -159903         | fev/12      | 1724303      | 1697148       | 27154,94        |
| nov/08            | 1196385      | 1799401       | -603016         | mar/12      | 1717828      | 1603720       | 114107,7        |
| dez/08            | 977397       | 1093494       | -116097         | abr/12      | 1556680      | 1989944       | -433264         |
| jan/09            | 1313453      | 1122546       | 190906,7        | mai/12      | 2394281      | 1781202       | 613078,9        |
| fev/09            | 1362398      | 1463666       | -101268         | jun/12      | 2469978      | 2780272       | -310294         |
| mar/09            | 1381814      | 1602556       | -220742         | jul/12      | 2622968      | 2487780       | 135187,7        |
| abr/09            | 1053783      | 1673953       | -620170         | ago/12      | 3478611      | 2856847       | 621764,1        |
| mai/09            | 1358762      | 1163081       | 195681,5        | set/12      | 3450451      | 3418230       | 32220,52        |
| jun/09            | 1795677      | 1610378       | 185299,5        | out/12      | 3633119      | 3064737       | 568381,8        |
| jul/09            | 2419063      | 1903357       | 515706          | nov/12      | 2789009      | 3389489       | -600480         |
| ago/09            | 2550660      | 2577588       | -26928,2        | dez/12      | 1834091      | 2110300       | -276209         |
| set/09            | 2692668      | 2442018       | 250650,3        | jan/13      | 2025527      | 1514543       | 510983,9        |
| out/09            | 2867630      | 2529103       | 338527          | fev/13      | 1742758      | 1886643       | -143885         |
| nov/09            | 2166517      | 2456676       | -290159         | mar/13      | 1643967      | 1638208       | 5759,233        |
| dez/09            | 1437876      | 1609342       | -171466         | abr/13      | 1777408      | 2032466       | -255058         |
| jan/10            | 1613857      | 1128706       | 485151,1        | mai/13      | 2344927      | 2086254       | 258672,7        |
| fev/10            | 1541496      | 1435964       | 105532,4        | jun/13      | 2615445      | 2712540       | -97094,6        |
| mar/10            | 1306271      | 1401074       | -94802,6        | jul/13      | 2995704      | 2829104       | 166600,1        |
| abr/10            | 1116490      | 1459211       | -342721         | ago/13      | 3674174      | 3191746       | 482428,4        |

| <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> | <i>Data</i> | <i>Dados</i> | <i>Ajuste</i> | <i>Resíduos</i> |
|-------------|--------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|
| set/13      | 3607524      | 3606901       | 622,896         | abr/16      | 1642780      | 2187475       | -544695         |
| out/13      | 3853791      | 3255738       | 598053,4        | mai/16      | 2353852      | 2135468       | 218384,1        |
| nov/13      | 2849101      | 3545500       | -696399         | jun/16      | 2986298      | 2828720       | 157578          |
| dez/13      | 1951586      | 2134567       | -182981         | jul/16      | 3346162      | 3321355       | 24807,22        |
| jan/14      | 2175907      | 1690876       | 485031,2        | ago/16      | 3924053      | 3648522       | 275530,7        |
| fev/14      | 2045629      | 2020244       | 25385,04        | set/16      | 4021881      | 3977484       | 44396,52        |
| mar/14      | 1669626      | 1987138       | -317512         | out/16      | 3698403      | 3693977       | 4425,864        |
| abr/14      | 1755497      | 2011899       | -256402         | nov/16      | 3235239      | 3308197       | -72957,7        |
| mai/14      | 2629361      | 2148834       | 480526,6        | dez/16      | 2675753      | 2774187       | -98433,7        |
| jun/14      | 2682830      | 3005226       | -322396         | jan/17      | 2609254      | 2290397       | 318856,9        |
| jul/14      | 3262552      | 2862225       | 400327,2        | fev/17      | 2044113      | 2484033       | -439920         |
| ago/14      | 3606064      | 3593710       | 12353,61        | mar/17      | 1764616      | 1981138       | -216522         |
| set/14      | 3914292      | 3421458       | 492834,1        | abr/17      | 1379777      | 2105558       | -725781         |
| out/14      | 3706099      | 3713922       | -7823,08        | mai/17      | 2450954      | 1727832       | 723122,5        |
| nov/14      | 2772825      | 3233773       | -460948         | jun/17      | 2882984      | 3156274       | -273290         |
| dez/14      | 1988384      | 2281047       | -292663         | jul/17      | 3369869      | 3197345       | 172524,3        |
| jan/15      | 2175907      | 1698189       | 477718,1        | ago/17      | 4058602      | 3881351       | 177251,1        |
| fev/15      | 2045629      | 2119330       | -73700,6        | set/17      | 4234427      | 4102345       | 132081,5        |
| mar/15      | 1669626      | 2094421       | -424795         | out/17      | 3998408      | 3953440       | 44968,07        |
| abr/15      | 1755497      | 2069687       | -314190         | nov/17      | 3287855      | 3601931       | -314076         |
| mai/15      | 2629361      | 2217115       | 412246,1        | dez/17      | 2357981      | 2746526       | -388545         |
| jun/15      | 2682830      | 3070622       | -387792         | jan/18      | 2443088      | 1962818       | 480269,7        |
| jul/15      | 3262552      | 2925079       | 337473,1        | fev/18      | 2118832      | 2386091       | -267259         |
| ago/15      | 3606064      | 3653127       | -47062,5        | mar/18      | 1773530      | 2092231       | -318701         |
| set/15      | 3914292      | 3477291       | 437001          | abr/18      | 1721941      | 2214818       | -492877         |
| out/15      | 3706099      | 3766315       | -60216          | mai/18      | 1775477      | 2199664       | -424187         |
| nov/15      | 2772825      | 3285364       | -512539         | jun/18      | 2985574      | 2323573       | 662001,3        |
| dez/15      | 1988384      | 2332608       | -344224         | jul/18      | 3964453      | 3683423       | 281030,5        |
| jan/16      | 2129366      | 1746984       | 382381,7        | ago/18      | 4824693      | 4247769       | 576924,5        |
| fev/16      | 2245917      | 2117875       | 128041,7        | set/18      | 4247931      | 4970723       | -722792         |
| mar/16      | 1823711      | 2371124       | -547413         | out/18      | 4060667      | 3774188       | 286478,7        |

Previsão com ARIMA:

| <i>Data</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. inf.</i> | <i>L. sup.</i> | <i>Data</i> | <i>Previsão</i> | <i>L. inf.</i> | <i>L. sup.</i> |
|-------------|-----------------|----------------|----------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|
| nov/18      | 3636845,46      | 2942920,97     | 4330769,94     | mai/19      | 2960702,54      | 1714063,45     | 4207341,63     |
| dez/18      | 2858143,40      | 1849770,83     | 3866515,97     | jun/19      | 3350321,55      | 2052340,45     | 4648302,64     |
| jan/19      | 2402492,38      | 1280594,23     | 3524390,52     | jul/19      | 3635394,61      | 2305459,92     | 4965329,31     |
| fev/19      | 2236104,15      | 1056726,52     | 3415481,78     | ago/19      | 3756866,07      | 2421102,50     | 5092629,65     |
| mar/19      | 2254795,40      | 1072621,66     | 3436969,15     | set/19      | 3695512,22      | 2358512,23     | 5032512,20     |
| abr/19      | 2538592,00      | 1338567,81     | 3738616,20     | out/19      | 3502929,14      | 2150422,52     | 4855435,76     |