



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS E LETRAS – FCLAR/UNESP

**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**TÍTULO: ANÁLISE DA DEMANDA DE FERTILIZANTES NO  
BRASIL: UM ESTUDO ECONOMÉTRICO ATRAVÉS DA  
MODELAGEM ARIMA**

JOÃO FELIPE GUEIROS WOYAKOSKI

Orientador: Profº Drº Sebastião Neto Ribeiro Guedes

Examinador: Profº Drº André Luiz Corrêa

Monografia apresentada para a conclusão do curso de graduação em  
Ciências Econômicas.

**ARARAQUARA**

**2012**

**RESUMO.** A simulação de tendências futuras no setor de fertilizantes encaminha o produtor rural a prevenir-se de bruscas variações de preços, possibilitando maior poder de concorrência no cenário internacional. Para tanto, propõe-se a utilização da metodologia ARIMA para se estimar a demanda do consumo de fertilizantes no Brasil. Primeiramente revisitando a literatura especializada, obtendo informações históricas relevantes, além de avaliar as vicissitudes do cenário atual. A segunda parte introduz os conceitos da metodologia ARIMA , e encerrando com a apresentação dos dados e análises estatísticas da previsão 2012 à 2016.

**Palavras-chave:** econometria; fertilizantes; ARIMA

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I

|  |   |
|--|---|
| INTRODUÇÃO .....   | 1 |
| 1.1 A importância do mercado de fertilizantes .....  | 1 |
| 1.2 Entendimento do produto.....   | 6 |
| 1.3 Breve análise histórica sobre o setor de fertilizantes.....                                    | 7 |
| 1.4 Breve análise histórica sobre o setor de fertilizantes no Brasil e suas<br>consequências ..... | 8 |

### CAPÍTULO II

|   |    |
|---|----|
| REVISÃO DA LITERATURA.....  | 13 |
| 2.10Uso de modelos econométricos no estudo da demanda de<br>fertilizantes ..... | 13 |
| 2.2Entendimento e discussão da diferença dos modelos VAR e ARIMA.....           | 15 |
| OBJETIVO.....   | 17 |
| METODOLOGIA.....  | 17 |
| 4.1 Sobre as condições necessárias para estimação do modelo.....                | 17 |
| 4.2 Um processo auto-regressivo (AR).....                                       | 18 |
| 4.3 Um processo de média móvel (MA).....  | 19 |
| 4.4 Um processo auto-regressivo e de médias móveis (ARIMA) .....                | 20 |
| 4.5 Modelo Box-Jenkins .....  | 20 |
| 4.6 Primeira etapa: Identificação .....   | 21 |
| 4.7 Função de Autocorrelação (FAC).....   | 21 |

|  |    |
|--|----|
| 4.8 Função de autocorrelação parcial ..... | 22 |
| 4.9 Critérios de informação .....          | 23 |
| 4.10 Estimação .....                       | 24 |
| 4.11 Diagnóstico.....                      | 24 |
| 4.12 Previsão .....                        | 25 |

### CAPÍTULO III

|  |    |
|--|----|
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                           | 26 |
| 5.1 Aplicação do modelo e análise dos resultados ..... | 26 |
| 5.2 Identificação e estimação.....                     | 28 |
| 5.3 Diagnóstico dos resíduos .....                     | 31 |
| 5.4 Previsão.....                                      | 32 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                             | 35 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                       | 37 |
| ANEXOS.....  | 41 |
| 8.1 Lista de Ilustrações .....                         | 41 |
| 8.2 Lista de Tabelas .....                             | 42 |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 A importância do mercado de fertilizantes

A vasta extensão territorial brasileira é um fator convidativo a expansão das atividades agropecuárias, com uma abundante oferta de recursos naturais fundamentais para o desenvolvimento das plantas como água e luz solar, o Brasil representa atualmente o quinto maior produtor agrícola do mundo segundo o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). O mesmo instituto ainda destaca que o país possui aproximadamente 340 milhões de hectares de terras agriculturáveis, sem considerar nesta soma as áreas de pastagem, que são possíveis futuras áreas produtivas. O PIB (Produto Interno Bruto) do agronegócio brasileiro alcançou a marca de 3,9% em 2011 do total nacional e cerca de 40% do total de exportações no ano. Apesar destas características que destacam este país no cenário dos grandes produtores, o país ainda enfrenta grandes encaixos, mais especificamente a limitação da indústria nacional de fertilizantes. Este insumo básico que ao lado de corretivos, inoculantes e biofertilizantes, garantem o aumento da produtividade agrícola, tão necessária para manutenção da atividade, que convive com a grande instabilidade de custos e preços de venda.

Segundo Santos(1999), 40% dos solos brasileiros são classificados como latossolos, ou seja, possuem excelente condição física, no entanto suas propriedades em termos nutricionais deixam muito a desejar. Uma peculiar característica deste tipo de solo, é que feito o correto manejo com o uso de fertilizantes, ele se torna altamente produtivo.

O que se passou na agricultura mundial e especificamente no Brasil nos últimos tempos é o processo de aprimoramento técnico dos fertilizantes, proporcionando um aumento da produção de diversas culturas de forma nunca vista até então. De acordo com recente estudo feito pelo Ministério da Agricultura e Embrapa (Brasil Projeções do Agronegócio 2010-11 a 2020-21), o Brasil deverá aumentar sua área produtiva até 2021 em cerca de 5,3 milhões de hectares na área plantada somente com a cultura da soja. Segundo o mesmo estudo, a expansão em

área se concentrará principalmente nas regiões Centro-Oeste e Norte-Nordeste, englobando as regiões do sul do Maranhão e Piauí, a região sudeste do Tocantins e da região Oeste da Bahia . Segundo o boletim da série histórica safras 2011 da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), nos últimos 36 anos, enquanto a área plantada cresceu 248%, a produção teve como crescimento a incrível marca de 506%.

As virtudes do potencial agrícola brasileiro são de amplo conhecimento. No entanto, este setor enfrenta um potencial limitante a expansão, a indústria de fertilizantes. O país nos últimos anos vem apresentando altas taxas de crescimento da demanda por fertilizantes, estas, no entanto, amparadas pelo aumento da importação. Como consequência da alternativa nacional para suprir a alta demanda, vem se consagrando o aumento da importação. Tal prática é responsável por gerar externalidades negativas , como por exemplo, a vulnerabilidade do setor no mercado de câmbio. As variações nos preços dos fertilizantes em função do mercado de cambio, custo de transporte, entre outros diferentes exemplos. Para os próximos anos o preço deverá ser fortemente afetado, se tomarmos em conta a pressão por maiores quantidades de fertilizantes, e conseqüentemente o aumento na demanda de insumos básicos, conforme dados extraídos do Banco Central do Brasil apresentados logo abaixo.

Tabela 1- Demanda de fertilizantes em milhares de toneladas (2011)

| Fertilizante | 2012    | 2013    | 2014     |
|--------------|---------|---------|----------|
| Nitrogênio   | 136.319 | 139.070 | 141. 697 |
| Fosfato      | 89.008  | 92.015  | 94.735   |
| Potássio     | 33.570  | 35.004  | 36 .311  |

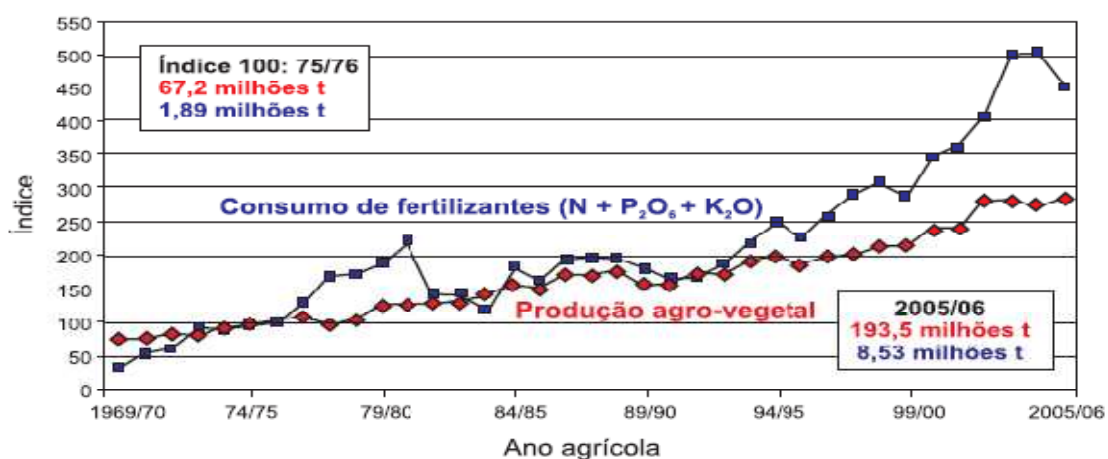
Fonte: Dados extraídos do BACEN (2011).

Em 2011, por exemplo, segundo o Anuário Estatístico da ANDA (Associação Nacional para Difusão de Adubos.), foram produzidos no Brasil 9,8 milhões de toneladas de fertilizantes (misturas granuladas, fertilizantes simples, fertilizantes em pó e granulados). Em termos de conteúdo de nutrientes, a produção brasileira de produtos finais, nos últimos três anos, representa apenas 35% das matérias-primas e produtos intermediários fabricados no país, sendo que os 65% (mais de 28 milhões de toneladas) restantes foram supridos pelas importações.

Para tomarmos a correta dimensão da importância do setor no tocante a produção de alimentos, podemos analisar a seguinte informação, que segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e agricultura), para cada hectare de utilização correta de fertilizantes, permitindo seu máximo rendimento, a produção terá como equivalência a área de quatro hectares sem a utilização do mesmo, portanto, é indiscutível não traçar uma forte relação de dependência da agricultura moderna com uso de fertilizantes. Na década de 70, por exemplo, o Brasil possuía uma produtividade média de produção de 1,2 toneladas por hectare em uma área de 37,3 milhões de hectares, para produzir 46,9 milhões de toneladas. Pouco mais de 40 anos depois, o país projeta a incrível marca de 182,27 milhões de toneladas para safra 2012/2013 segundo relatório de outubro/2012 da CONAB.

No gráfico abaixo temos a real tendência da relação produção de alimentos e consumo de fertilizantes. Notem que até o biênio 94/95 se mantinham muito próximos os números. Desde então, a escalada do uso de fertilizantes apresentou um salto considerável. Isto também é reflexo da expansão das áreas agricultáveis pelo mundo.

Gráfico 1- Relação entre consumo de fertilizantes e produção agrovegetal (2009)



Fonte: Fernandes et al. (BNDES,2009)

O produtor se analisado sob o aspecto da evolução dos preços, será afetado pelos principais agentes endógenos e exógenos referentes ao setor. Esta verdadeira "Montanha Russa" de preços, afetam com forte impacto o lucro dos produtores nacionais, impedindo melhor planejamento financeiro.

Se pensarmos nas informações passadas pela APROSOJA-MT (Associação dos Produtores de Soja do Mato Grosso), que em setembro deste ano divulgou pesquisa informando que na safra 2011/2012, os produtores tiveram um aumento de 31% de aumento no comparativo com safra passada, no que se diz a custo de insumos em geral, podemos tem uma idéia da importância do estabelecimento de uma indústria nacional relevante. Se por um lado há o aumento do preço das commodities, os produtores são afetados pela alta dos preços dos insumos.

À medida que a população do mundo continua a aumentar, a importância do crescimento na produção de alimentos torna-se fundamental. Conforme já apresentado, a relação produção agrícola e fertilizante é de suma importância. Outro exemplo da necessidade continua de crescimento do setor de fertilizantes é apresentado na tabela abaixo, onde teremos conhecimento da quantidade aproximada de fertilizantes para a produção de milho por exemplo. Podemos constatar que para a produção de 3,65 toneladas de grãos em um hectares exige 77 Kg de Nitrogênio.

Tabela 2- Extração média de nutrientes pela cultura do milho (2011)

| Produtividade de Grãos de milho | Nutrientes extraídos <sup>1</sup> |    |     |    |    |
|---------------------------------|-----------------------------------|----|-----|----|----|
|                                 | N                                 | P  | K   | Ca | Mg |
| t/ha                            | -----kg/ha -----                  |    |     |    |    |
| 3,65                            | 77                                | 9  | 83  | 10 | 10 |
| 5,80                            | 100                               | 19 | 95  | 7  | 17 |
| 7,87                            | 167                               | 33 | 113 | 27 | 25 |
| 9,17                            | 187                               | 34 | 143 | 30 | 28 |
| 10,15                           | 217                               | 42 | 157 | 32 | 33 |

Fonte: Boletim CONAB (2011)

A compreensão da necessidade de adubo para a cultura do milho como apresentado, nos proporciona relevante oportunidade de debatermos a oferta e demanda de fertilizantes de modo geral. De fato a insuficiência produtiva é uma realidade apresentada desde o surgimento do setor, remetendo-se ao início do século XX com o surgimento da indústria nacional até os dias de hoje. O país deve acelerar sua produção para fazer frente às necessidades locais. Nos últimos anos muito foi feito, mas ainda estamos muito aquém da quantidade que nos dará a autossuficiência,



para a atualidade seria um aumento de mais de 20 toneladas segundo dados apresentados anteriormente.

O desenvolvimento da indústria nacional de fertilizantes deve ser entendido como processo de soberania da agroindústria brasileira frente às importantes empresas estrangeiras no mercado. Não somente a indústria, mas no que se pensa ao projeto de minimização dos efeitos desoladores da fome mundial.

Para o entendimento da relevância do desenvolvimento da indústria nacional, nas próximas páginas será apresentado o histórico do desenvolvimento do setor, além de analisar as importantes etapas percorridas pela indústria nacional para alcançar o atual estágio de desenvolvimento.

## **1.2 Entendimento do produto**

Como fertilizante pode-se entender como substância mineral ou orgânica, de origem natural ou sintética, capaz de liberar nutrientes. Tem por finalidade repor as substâncias extraídas pela planta em seu processo de desenvolvimento e manutenção da vida.

Os fertilizantes químicos aqui definidos como foco de pesquisa, apresentam duas divisões fundamentais. Sendo estas diferenciadas em macronutrientes e micronutrientes. Os primeiros tem como alguns representantes o oxigênio, nitrogênio e fósforo, e o segundo tendo o boro, manganês e zinco dentre outros.

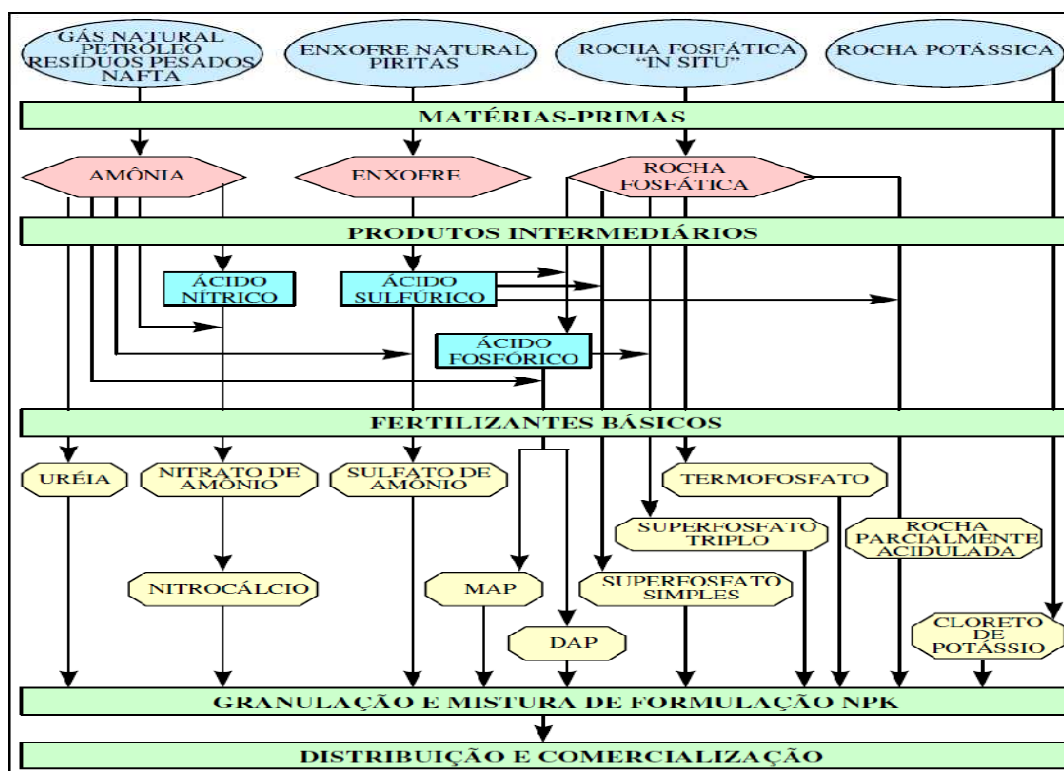
Outra diferenciação se faz quanto ao estado físico do produto, ou seja, representa as diferentes formas de transmissão de nutrientes ao solo, já que cada nutriente tem sua especificidade quanto ao máximo aproveitamento pelo solo. Alguns produtos são fabricados em pó ou na forma de farelo, granulado ou misto (mescla dos anteriores). Ainda pode ser citado o exemplo de adubos foliares aplicados no estado líquido da matéria, objetivando maior área de interação com as folhas propiciando máxima absorção por parte da planta.

Neste trabalho teremos como foco os representantes do grupo dos granulados, sendo estes integrados na formulação NPK (nitrogênio, fósforo e potássio). Estes três elementos químicos integram a totalidade dos objetos de estudo deste trabalho no

que se refere a fertilizantes, já que são elementos fundamentais para a planta, apresentam grande flexibilidade no que se refere a quantidade específica para cada solo de forma individual, além de representar a maior porcentagem dos fertilizantes produzidos. Todos os dados aqui apresentados, estão dentro desta formulação.

A proporção de cada elemento nessa combinação depende do fim a que se destina, no país existem diferentes realidades quanto à qualidade do solo, além da especificação de cada cultura. A fórmula NPK é utilizada para indicar o conteúdo percentual de nitrogênio, fósforo e potássio de sua composição. A cadeia produtiva de fertilizantes é composta pelo segmento extrativo mineral, onde o setor busca o fornecimento da rocha fosfática, elemento chave para a composição mineral dos fertilizantes, além disso, o enxofre e as rochas potássicas compõe o restante da cadeia de minerais. As matérias-primas intermediárias, no que responde a extração dos elementos minerais são o ácido sulfúrico, o ácido fosfórico e a amônia anidra. Boa parte dos componentes citados podem ser obtidos por meio da indústria petrolífera (base de nitrogenados) ou de atividades de extração mineral (fosfatados e potássios). O fluxograma a seguir nos ajuda a compreender o processo, além de apresentar os 3 diferentes grupos que compõe a indústria como um todo.

Figura 1- Fluxograma da produção de fertilizantes (2009)



Fonte: Fernandes et al., BNDES (2009)

O primeiro grupo de empresas integram os itens destacados na cor rosa representando o enxofre, amônia e rocha fosfática. Com a finalização dos processos básicos, e os demais processos extrativos, obtêm-se suas matérias primas básicas, como a uréia, nitrato, termofosfato entre outros produtos que integram o segundo grupo de empresas o de fertilizantes básicos indicados pela cor amarela. Estes seguem para as empresas granuladoras com a finalidade de formação de pequenos grânulos facilitando assim o processo de incorporação ao solo completando o terceiro e último grupo de empresas do setor. Após essa etapa é o processo que irá atender as necessidades do produtor, que podem escolher as diferentes combinações da fórmula NPK.

É importante o conhecimento da cadeia produtiva, bem como das matérias primas utilizadas. Esta pequena amostra dos processos produtivos podem capacitar o leitor a entender as dificuldades e a reorganização do setor. Veremos que este importante núcleo estratégico, passa por fase de transformação. A cadeia de fertilizantes é de suma importância para o desenvolvimento da agricultura nacional, também como dos setores direta e indiretamente relacionados.

### **1.3 Breve análise histórica sobre o setor de fertilizantes**

Do surgimento, até as modernas fábricas americanas no século XX, a necessidade de aumentar a produção agrícola, fez da ciência a responsável por buscar melhorias, assim possibilitando o abastecimento ao contínuo aumento populacional.

O uso de fertilizantes datam entre 6000 à 9000 A.C. A necessidade de insumos, já era de conhecimento no Império Romano e Egípcio. Também há citações no livro de Lucas na bíblia sagrada, sobre a utilização do salitre. Alguns intelectuais na Roma antiga como Porfírio, Plínio, Varro e Virgílio, no período de 234 à 19 A.C, escreveram sobre questões práticas da adubação. Eles recomendaram a abertura de poços próximos às construções, para assim, depositar os compostos orgânicos, com a finalidade de incorporá-los ao solo.

Os primeiros relatos sobre a utilização de adubos inorgânicos se deram ainda no período da Grécia antiga. No entanto o uso e disseminação deste conhecimento se

deu verdadeiramente durante os séculos XVII e XVIII. Neste período houve a descoberta dos benefícios do potássio, nitrogênio, oxigênio, fósforo e manganês. A amônia, base para a produção da uréia, foi produzida pela primeira vez em 1774. Esses compostos viriam a proporcionar a base da atual indústria de fertilizantes, sendo que a produção em escala destes compostos se iniciaria somente no século XX.

No início do século anterior iniciou-se a venda de compostos como o nitrogênio substância fundamental para síntese de protéica. Neste mesmo período iniciou-se também a produção de compostos sintéticos, afetando a exportação de fertilizantes orgânicos provenientes do Chile e do Marrocos. Os compostos fosfatados migraram de países da periferia, dos já citados Chile e Marrocos, para as instalações nos EUA e Inglaterra. Na década de 40 do mesmo século, os Estados Unidos já possuíam mais de 240 instalações de misturadoras e granuladoras. Mesmo necessitando de volumosas quantias para a instalação destas fábricas, as mesmas tiveram rápida expansão devido à necessidade de aumento na produção de alimentos, gerada pelo grande crescimento dos Estados Unidos da América.

Com o fim da segunda grande guerra, e ressurgimento do comércio mundial, as fábricas norte americanas em sua essência expandiram suas vendas por diversos países, dentro do período que ficou conhecido como Revolução Verde. Este movimento proporcionou aos países desenvolvidos novas técnicas de plantio, como a utilização do nitrogênio sintético. Estes conceitos desenvolvidos nos países desenvolvidos, foram destinados a atender aos grandes latifúndios. Em sua primeira fase, a Revolução Verde lançou seu novo modo produtivo nos países periféricos como o Brasil.

#### **1.4 Breve análise histórica sobre o setor de fertilizantes no Brasil e suas conseqüências**

As primeiras fábricas de fertilizantes no Brasil surgiram nos anos 40, com o processo de industrialização no país. Este processo de produção incipiente ocorre em meio a Segunda Guerra, e a grande necessidade de se consolidar a indústria nacional como um todo, tendo em vista a decadência do comércio internacional.

No entanto, o que ocorreu no que tange a indústria de fertilizantes, foi a instalação de unidades de mistura. Assim, inicia-se um grande marco na agricultura brasileira, iniciando-se a produção de fertilizantes compatíveis com as necessidades locais, uma vez que os fertilizantes importados até então, eram fórmulas que visavam atender as necessidades dos solos americanos e europeus. Algumas das grandes empresas do setor surgiram nesse período entre elas Trevo, Manah, Fertilul, Elekeiroz e Solorríco.

Até os anos 60, a quantidade de importação visava suprir a necessidade local das indústrias misturadoras. Havia apenas um local de extração de fosfato localizada no estado de São Paulo.

O processo de modernização da agricultura surgiu nos anos 50 com maior avanço da indústria nacional. Não apenas quanto à produção de fertilizantes, como o surgimento da indústria nacional de máquinas agrícolas. Os programas nacionais para a agricultura surgem neste mesmo período, visando diminuir a ineficiência das atividades agropecuárias. Entre os avanços de políticas do Estado para a agricultura, pode ser citada a criação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) através da Lei 4.289/65 que surge em 1965.

Esse projeto em especial significou um aumento substancial da demanda por fertilizantes, já que por meio do SNCR e o advento da cédula rural de 1967, onde o agricultor emitia títulos de sua dívida aos credores, com promessa futura de pagamento proporcionou o aumento do crédito rural. É a tentativa de desestatizar o crédito do setor agrícola. Esse esforço foi realmente importante, levando-se em conta que bancos públicos como o Banco do Brasil, que considerava apenas as 3 primeiras aplicações de adubos como investimento, as demais seguiam como custeio, impactando em maior quantidade de pagamento de juros.

Anos depois com a demanda reforçada pela introdução das áreas de Cerrado, o governo lança o 1º Programa Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola (PNFCA), que entrou em vigor 1974, com o objetivo maior de ampliar e modernizar a indústria de fertilizantes. Os investimentos no período do 1º PNFCA foram estimados em US\$ 2,5 bilhões. Como resultado, podemos destacar a auto-suficiência na produção de rocha fosfática em 1983, que em 1974 atendia apenas 20% do consumo total.

Este projeto estava dentro da pasta de políticas do 2ºPND(Plano Nacional de Desenvolvimento) que vigorava dentro da grande crise do petróleo, onde o preço do barril chegara a quadruplicar. Esse foi o período escolhido pelo BNDES para fomentar a indústria e promover crescimento econômico. O momento era crítico, essencialmente para as fábricas que tinham como combustível o gás natural, hidrocarboneto extraído dos poços de petróleo. Exemplo do setor insumos básicos, como as unidades produtivas de uréia e amônia em Camaçari(BA).

O 2º Plano Nacional de Fertilizantes (PNF), no período de 1987 a 1995, permitiu o desenvolvimento de alguns dos principais projetos, como a ampliação da capacidade de produção de rocha fosfática da Arafertil, em Araxá (MG), a partir de 1989. Neste 2º PNF, os investimentos realizados atingiram o valor aproximado de US\$ 1 bilhão, e visavam a estruturação do setor de extração de minérios para a produção de fertilizantes.

É interessante entender a força e o dinamismo da interação público privado, gerado pela privatização, realidade ocorrida durante o segundo PNF. Como resultado ocorreu o surgimento da holding Fertifós, a qual deteve o controle acionário das grandes produtoras brasileiras de matérias-primas fosfatadas, como por exemplo, Fosfertil, Ultrafertil e Goiásfertil, todas concentradas na área de fertilizantes fosfatados a partir da rocha fosfática, dominando assim, quase toda a cadeia final de fertilizantes, ou seja o setor de misturas como podemos constatar na tabela a seguir.

Nos anos 2000 foram formados três grandes grupos multinacionais (Bunge, Mosaic/Cargill e Yara), sendo que Mosaic e Yara são grandes agentes da indústria de fertilizantes internacional, além de Bunge e Cargill, conglomerados produtores, processadores e comercializadores de commodities.

Em 2009 se alterou novamente a formação do setor perante ao acentuado aumento de investimentos da Vale que acabou adquirindo toda a participação dos grupos Bunge, Yara e Mosaic na Fosfertil, além das participações menores da Heringer e da Fertipar, com a Vale passando a deter 78,9% do capital da empresa desta última. As ações praticadas pela empresa, na aquisição de outros players do mercado, foi conjunta com o apoio do governo federal, com o objetivo também de se inserir na cadeia de misturas e distribuição, diferentemente de seus primeiros

investimentos na área de extração de minerais. Na ordem da cadeia produtiva do setor, a fase mais carente de exploração é a parte que compreende os insumos produtivos. É esta a grande diferença que ambas empresas puderam proporcionar ao setor, através de suas unidades produtivas consolidadas.

O governo federal continuou seu processo de atuação sobre o mercado de fertilizantes, e visando atender as necessidades de aumento da produção nacional, o governo lançou a Medida Provisória (MP) nº 582, publicada no Diário Oficial de 21 de setembro de 2012. O Regime Especial de Incentivo ao Desenvolvimento da Infraestrutura da Indústria de Fertilizantes (REIF), este pacote de incentivos esta dentro de um programa que visa atender a indústria em geral, e combater o sistemático problema da desindustrialização brasileira, o programa Brasil Maior.

O décimo artigo da referida MP deixa bastante claro a problemática a ser resolvida, referindo-se ao cenário relatado pelos agentes do setor :

Conforme relatam os agentes intervenientes, a produção nacional de fertilizantes é absolutamente insuficiente para suprir a demanda interna ". Em seu artigo 12, continua a explanação do referido problema, e já inicia a explicação das medidas tomadas para auxiliar o setor " Assim, objetivando fomentar a indústria nacional de fertilizantes, com vistas à redução da dependência de importações e à redução de custos dos agentes internos, institui-se o REIF, que concede suspensão do pagamento, com posterior conversão em alíquotas zero, ou isenção, conforme o caso, da Contribuição para o PIS/PASEP, da Contribuição para o PIS/PASEP- Importação, da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS, da COFINS - Importação, do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI, e do IPI vinculado à importação, em operações realizadas por pessoas jurídicas beneficiárias do regime". No artigo 13 finaliza condicionando ao poder executivo exigir conteúdo mínimo de utilização dos fatores produtivos nacionais " No mesmo desiderato, permite-se ao Poder Executivo exigir dos beneficiários do REIF a observância de índices de conteúdo local mínimo dos bens e serviços utilizados na execução de seus projetos de infraestrutura industrial e a realização de investimentos em atividades de pesquisa e de desenvolvimento realizadas no País.

A preocupação em desenvolver a indústria nacional passa necessariamente pela utilização e desenvolvimento da esfera produtiva nacional, não podendo o setor utilizar os recursos provenientes do governo para aumentar suas importações de fertilizantes, por exemplo, ou ainda adquirir parcela de empresas no exterior.

O REIF nos dá a dimensão dos desafios do setor. Muitas são as questões a serem debatidas. Espera-se que as ações deste programa atendam as atuais necessidades de curto prazo, fundamentalmente ao constante aumento das importações. Todo o esforço do governo federal em desonerar o setor, e propiciar maior capacidade de investimentos, é o mais atual cenário em que se encontra a indústria de fertilizantes. Para contextualizarmos o atual cenário, e a problemática do aumento das importações, podemos analisar a tabela abaixo, onde se apresenta os dados referentes a importação de fertilizantes no Brasil, que serve como indicador do caminho a percorrer até a autosuficiência.

Tabela 3- Importação de fertilizantes no Brasil

| Mês              | 2009      | 2010      | 2011      | 2012      | 2012x2011 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Janeiro</b>   | 182.515   | 836.224   | 1.556.861 | 1.306.023 | -16,1%    |
| <b>Fevereiro</b> | 221.997   | 788.283   | 1.228.778 | 791.340   | -35,6%    |
| <b>Março</b>     | 397.312   | 827.939   | 1.371.108 | 901.970   | -34,2%    |
| <b>Abril</b>     | 712.515   | 1.085.050 | 1.511.248 | 1.214.921 | -19,6%    |
| <b>Mai</b>       | 942.887   | 1.081.822 | 1.738.641 | 1.506.257 | -13,4%    |
| <b>Junho</b>     | 903.413   | 1.327.830 | 1.660.908 |           |           |
| <b>Julho</b>     | 1.193.693 | 1.262.291 | 2.053.090 |           |           |
| <b>Agosto</b>    | 1.714.264 | 1.674.138 | 1.857.000 |           |           |
| <b>Setembro</b>  | 1.630.922 | 1.825.683 | 2.025.838 |           |           |
| <b>Outubro</b>   | 1.245.037 | 1.836.586 | 1.969.871 |           |           |
| <b>Novembro</b>  | 920.715   | 1.672.330 | 1.672.330 |           |           |
| <b>Dezembro</b>  | 955.535   | 1.205.396 | 1.205.396 |           |           |

Fonte: ANDA

Reparem na última coluna que indica o comparativo 2011x2012. Estas informações são bastante claras, ao indicar os efeitos da reestruturação do setor. Em meses como o de fevereiro de 2012, a queda na taxa de importação chegou a incrível marca de 35,6% em comparativo ao mesmo mês de 2011. A eficiência produtiva das empresas Vale e Petrobrás se mostra de forma destacada.

Para que possamos aproveitar as oportunidades promissoras no mercado internacional e nos tornarmos o principal fornecedor global de alimentos, rações



animais, biocombustíveis, além de aumentar a capacidade da agroindústria do país, deve-se em primeiro lugar proporcionar uma indústria de fertilizantes à altura do potencial agrícola nacional. Isto está condicionado a investimentos, como feitos pelo governo, como da expansão do setor privado como um todo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O uso de modelos econométricos no estudo da demanda de fertilizantes

Trabalhos os quais objetivaram estimar a demanda de fertilizantes utilizaram de modo geral, diversos recursos em séries temporais. Recursos mais atuais como os modelos de cointegração, modelos dinâmicos com métodos de ajustamento entre outros.

Griliches (1958), por exemplo, estimou a função de demanda agregada para todas as culturas nos EUA no período de 1911 à 1956, onde demonstrou que a demanda por fertilizantes, além do preço da produção agrícola, eram determinados pela demanda de fertilizantes. Para tal atividade, estima por MQO (Mínimos Quadrados Ordinários) duas equações, uma de longo prazo (1) e outra de ajustes (2). Seus estudos tratavam de buscar os efeitos regionais, já que acabou dividindo as regiões norte americanas, e as estimando separadamente. Alguns outros estudos utilizaram a mesma metodologia como Carman (1979), Gunjal (1980), Pescarin (1974) e Cibantos (1972), todos tratam de construir equações de demanda, explicando que a variação de consumo atual, é função do consumo desejado e atual. Ao substituir a equação de longo prazo e de ajustes, respectivamente (1) e (2), ele obtêm a equação de demanda estimada. Atenção para  $b$ , que seria o coeficiente de ajuste de Nerlove, assim descrito por Cibantos (1972). *"Ele pressupõe que a demanda de equilíbrio a longo prazo, para fertilizantes, é uma função das variáveis especificadas e que as mudanças no uso de fertilizantes entre períodos ocorrem em proporção "b" ao desequilíbrio ( $Y_t^* - Y_{t-1}$ )"*.

$$y_t^* = a_0 + a_1 x_{1t} + a_2 x_{2t} + u_t \quad (1)$$

$$y_t - y_{t-1} = b(y_t^* - y_{t-1}) \quad (2)$$

$$y_t = ba_0 + ba_1 x_1 + ba_2 x_2 + (1 - b)y_{t-1} + bu_t \quad (3)$$

Outro autor a se observar é Burrell (1989), que reúne alguns trabalhos que verificam que a elasticidade-preço da demanda de fertilizantes é inelástica quanto a preços, principalmente no curto-prazo. Outro ponto apresentado pelo autor, conclui sobre as variações residuais não relacionadas à expectativa de preço. Portanto, o produto planejado é diferente do produto observado. A estimação do modelo pode levar a uma correlação espúria entre as variáveis se não for feita pela análise de cointegração. Neste modelo apresentado por Burrell, fica claro as dificuldades de constatação de resultados esperados e obtidos. Burrell também baseou-se em uma função de demanda marshalliana, derivada de uma função lucro para construir seu modelo, a intenção era verificar a tendência da demanda de fertilizante no longo prazo. Outra parte notória de seus estudos, que foi posteriormente incorporada em outros trabalhos, foi a construção de equações com variáveis explicativas na forma de logaritmos para medir o efeito de taxas sobre a demanda de fertilizantes.

O artigo "A forecast analysis on fertilizers consumption worldwide", apresenta um modelo univariado, onde se estima a demanda por fertilizantes a partir da quantidade de pessoas no mundo. O autor defende que a demanda está fortemente correlacionada com o crescimento populacional. Para isso ele propõe o seguinte modelo:

$$y = a + rx(t) \quad (4)$$

Onde  $y$  é o total de fertilizantes,  $x(t)$  é a população no ano  $t$ , enquanto  $r$  é :

$$r = \frac{dy}{dx}(t) \quad (5)$$

A justificativa sobre o modelo proposto segue a comparação com outros modelos multivariados, com algumas variáveis independentes como a quantidade de terras agricultáveis, quantidade de terras mais a população no mundo, entre outras. Estas apresentaram em todos os casos "poor results". Então que testaram o modelo univariado de função polinomial (MATLAB 6.5 2002), com a variável independente população humana mundial, que se mostrou altamente eficaz.

Os textos citados acima nos dão a dimensão da diversidade de modelos utilizados. Neste trabalho, a intenção é testar um modelo univariado, ARIMA, onde a

variável independente é o consumo de fertilizantes no Brasil. A utilização deste modelo é amplamente utilizado para o cálculo de diferentes demandas nas áreas de engenharia e consumo de serviços. A proposta é observar a qualidade do modelo para finalidade de previsões de demanda.

A proposta de utilização do modelo Box-Jenkins é identificar e estimar um modelo estatístico que possa ser interpretado como tendo sido gerado pelos dados amostrais. Este modelo será estimado para fazer previsões, para isso devemos pressupor que as características desse modelo são constantes ao longo do tempo e especialmente nos períodos futuros. Assim, a razão para exigir dados estacionários é que qualquer modelo que venha a ser inferido que esses dados possam eles próprios serem interpretado como estacionário ou estável, oferecendo, assim, uma base válida para a previsão.

Para a estimação do modelo, após identificar os valores adequados de  $p, q$  e  $d$ , passaremos à estimar os parâmetros dos termos auto-regressivos e de médias móveis incluídos no modelo. Muitas vezes, este cálculo pode ser feito por mínimos quadrados ordinários (MQO), mas em outras ocasiões teremos de recorrer a métodos de estimação não-lineares (nos parâmetros).

## **2.2 Entendimento e discussão da diferença dos modelos VAR e ARIMA**

A necessidade de se conhecer valores futuros são de suma importância para o desenvolvimento de pesquisas em séries econômicas. Existem diversas formas de se estimar valores. Alguns trabalhos revisitados na revisão bibliográfica, utilizam-se da metodologia VAR. Nesta seção busca-se diferenciar a metodologia ARIMA e a metodologia VAR.

Os trabalhos até então avaliados, apresentam em grande maioria técnicas da metodologia VAR (Vetor Auto Regressivo), onde há um processo de endogeneização de variáveis exógenas, trazendo assim, uma modelagem mais completa, integrando as diversas variáveis em um único modelo. Um exemplo bastante didático para o entendimento pode ser dado por Enders, para um exemplo bivariado.

$$y_t = \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (6)$$

$$y_t = \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Este exemplo demonstra a forma como as variáveis são influenciadas uma pelas outras. Ou seja com definido por Enders "efeito feedback" já que  $y_t$  e  $z_t$  afetam um ao outro.

A metodologia VAR é comumente utilizada para o entendimento de análise e modelagem de uma série, onde se busca entender características e relações com outras séries. A proposta deste trabalho é efetuar um modelo de previsão, da perspectiva univariada, ou seja, utilizando a metodologia ARIMA. Trata-se portanto, de operar um modelo de previsão mais simples, em alternativa aos diversos trabalhos até então avaliados na revisão de literatura.

Para uma boa compreensão e entendimento das diferentes metodologias, podemos analisar o caso da equação abaixo. Em contrapartida a metodologia VAR, a metodologia ARIMA trabalha com uma única variável. Através da equação a seguir, podemos entender sua dinâmica de utilização da única variável.

$$y_t = \phi_1 \cdot y_{t-1} + \dots + \phi_p \cdot y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \cdot \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \cdot \varepsilon_{t-q} \quad (8)$$

Considerando  $\Phi$  como parâmetro do modelo, B como operador de defasagem e  $\varepsilon$  como termo de erro. Neste modelo ARMA, podemos entender a utilização das defasagens de Y, para estimação do processo ARMA (variação da metodologia ARIMA). Como veremos a seguir com maiores detalhes, as diferentes variações da metodologia ARIMA.

A intenção de trabalhar com uma metodologia distinta dos demais trabalhos tem inspiração no artigo de Zhang.WenJun e Zhang.XiYan citado anteriormente,

onde apresentam diferentes resultados em modelos univariados para fertilizantes. Outro trabalho usado como referência para busca de modelos alternativos é o de Fritzer et al para o modelo de inflação, por exemplo, onde estaríamos operando com problemas de multicolinearidade e autocorrelação, por conta da grande quantidade de variáveis. Os trabalhos revisitados no campo dos fertilizantes normalmente operam com algumas poucas variáveis como é o caso Nichoela (2002), que trabalha com as variáveis Preço, Área plantada, Crédito Rural e IPR(Índice de Preço Rural), não estando tão suscetíveis assim, há problemas como a multicolineariade, mas sujeitos a demais efeitos como a não inclusão de variáveis, além da modelagem ARIMA apresentar melhores resultados em previsões de curtos períodos subseqüentes, isto que poderemos verificar utilizando metodologia alternativa.

Nos tópicos abordados neste capítulo trataremos de aprofundar e visitar a metodologia ARIMA, citando de forma ordenada os encadeamentos para a construção de um modelo de previsão.

### **3 OBJETIVO**

O principal objetivo deste trabalho é propor um modelo econométrico univariado para estimar o consumo de fertilizantes no Brasil. Para tanto, além das análises estatísticas será realizado uma breve análise histórica do mercado no Brasil e no mundo.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 Sobre as condições necessárias para estimação do modelo**

É necessário compreender que para utilizar-se do método Box-Jenkins, precisamos de uma série temporal estacionária ou uma que possa se tornar estacionária após uma ou mais diferenciações. O motivo para se exigir a estacionariedade pode ser assim explicado por Gujarati(2006):

O objetivo do método Box-Jenkins é identificar e estimar um modelo estatístico que possa ser interpretado como tendo sido gerado pelos dados amostrais. Se esse modelo estimado for usado para fazer previsões, devemos

pressupor que as características desse modelo são constantes ao longo do tempo e especialmente nos períodos futuros. Assim, a razão para exigir dados estacionários é que qualquer modelo que venha a ser inferido desses dados possa ele próprio ser interpretado como estacionário ou estável, oferecendo, assim, uma base válida para a previsão.

Necessitando das seguintes condições:

$$\text{Média : } E(Y_t) = \mu \quad (9)$$

$$\text{Variância : } \text{VAR}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2 \quad (10)$$

$$\text{Covariância: } \gamma^k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] \quad (11)$$

Ainda segundo Gujarati (2006): "*Em suma, se uma série temporal é estacionária, sua média, sua variância e autocovariância (em diferentes defasagens) permanecem as mesmas, não importa qual seja o ponto em que as medimos: isto é, elas não variam com o tempo*".

Essas propriedades nos permitem fazer algumas inferências necessárias sobre o modelo. Não seria possível estimar o modelo, sendo que em tempos subsequentes se tivéssemos  $E(Y_t) \neq \mu$  ou qualquer quebra dos outros dois requisitos, seria possível apenas estudar seu comportamento para o período considerado. Não podendo generalizar as propriedades da série para períodos em  $t_{+k}$ .

De modo geral, pode-se considerar que séries fracamente estacionárias (situação definida por variâncias e médias que variam no tempo) podem obter estacionariedade com um número finito de diferenciações. Esta propriedade é válida tanto para modelos ARIMA como modelos ARMA. As condições e testes de estacionariedade serão apresentadas mais a frente, quando da aplicação dos conceitos até aqui apresentados. A condição de estacionariedade pode ser avaliada em testes como Durbin Watson, como será demonstrado no momento de aplicação do modelo.

Nos tópicos a seguir será introduzido os conceitos necessários para a utilização da metodologia ARIMA como àqueles referentes a modelos auto regressivos e de médias móveis.

## 4.2 Um processo auto-regressivo (AR)

Podemos representar por  $Z_t$  a variável independente do período  $t$ . Se modelarmos  $Z_t$  como:

$$Z_t = \alpha_0 + \alpha_1(Z_{t-1}) + u_t \quad (12)$$

Ou seja, podemos explicar a série temporal descrita em função de seus valores passados. Onde  $\alpha_1$  representa o choque aleatório sofrida pela componente  $Z_t$  em um período anterior. Recordando, a série temporal de variáveis econômicas normalmente segue intervalos de períodos equidistantes em variáveis discretas, ou seja, podem ser também chamadas de randômicas ou aleatórias(estocásticas).

Podemos concluir que as séries temporais trabalham com observações de processos estocásticos como  $\{Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_t\}$ , onde tais elementos estão associados a diferentes probabilidades. O termo de erro  $u_t$  segue as seguintes condições  $u_t \sim N(0, \sigma^2)$ , ou seja, estatisticamente  $u_t$  segue distribuição normal, média zero, variância constante e não-correlacionada. Em linguagem estatística, considerando que  $E[x]$  denota a média teórica do valor de  $x$ , a sequência  $\varepsilon_t$  é considerada um processo ruído branco se para cada período de tempo  $t$  tivermos: (i)  $E[u_t] = E[u_{t-1}] \dots = E[u_{t-n}] = 0$ ; (ii)  $E[u_t^2] = E[u_{t-1}^2] = E[u_{t-n}^2] = \sigma^2$ ; (iii)  $E[u_t \cdot u_{t-w}] = E[u_{t-j} \cdot u_{t-j-w}]$ .

Da equação (1) podemos entender o desenvolvimento de um modelo AR(P) de forma generalizada:

$$Z_t = \alpha_0 + \alpha_1(Z_{t-1}) + \alpha_2(Z_{t-2}) + \alpha_3(Z_{t-3}) \dots \alpha_w(Z_{t-p}) + u_t \quad (13)$$

então dizemos que  $Z_t$  segue um *processo auto-regressivo de ordem p*, ou *AR(p)*. Isto é o valor de  $Z$  no período  $t$  depende de seu valor nos  $p$  períodos anteriores.

## 4.3 Um processo de média móvel (MA)

Para o processo de MA, considere a equação a seguir:

$$Z_t = w + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} \quad (14)$$

Onde  $w$  é uma constante e  $u$ , como anteriormente, é o termo de erro estocástico de ruído branco. Aqui,  $Z$  no período  $t$  é igual uma constante mais uma média móvel dos termos de erro presentes e passados. Assim, neste caso, dizemos que  $Z$  segue um processo de *média móvel de primeira ordem*, ou  $MA(1)$ .

Mas se  $Z$  seguir a expressão:

$$Z_t = w + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} + \beta_2 u_{t-2} \quad (15)$$

Trata-se de um processos  $MA(2)$ . De modo mais geral,

$$Z_t = w + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} + \beta_2 u_{t-2} + \dots + \beta_q u_{t-q} \quad (16)$$

É um processo  $MA(q)$ . Em resumo, um processo de média móvel estará sempre associado a um processo de combinação linear de termos de erro, as quais terão ponderação diferente quanto a importância das observações passadas.

#### 4.4 Um processo auto-regressivo e de médias móveis (ARIMA)

Para o entendimento de um processo ARMA, temos que compreender que ele possui características tanto de AR, quanto de um MA. Para a escolha do modelo ARMA, se condiciona a necessidade de se utilizar uma numerosa quantidade de parâmetros de modelos AR e MA, e como consequência será exigido um número menor de termos . Se pensarmos em um exemplo de modelo ARMA(1,1), teremos:

$$Z_t = w + \alpha_1 Y_{t-1} + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} \quad (17)$$

Portanto, um processo  $ARMA(p,q)$ , haverá  $p$  termos auto-regressivos e  $q$  termos de média móvel.

#### 4.5 Modelo Box-Jenkins

Os modelos descritos anteriormente são a base para a metodologia BOX-JENKINS, no qual é desenvolvida através de três etapas. Estas voltadas para a seleção de um modelo correto que auxilie no processo de estimação e previsão de séries univariadas, segundo Morettin (2008) tais etapas são conhecidas como:

##### 1) Identificação;



## 2)Estimação;

## 3)Diagnóstico.

Antes de definirmos cada estágio descrito acima, é de suma relevância o entendimento de algumas questões não triviais da aplicação deste modelo.

O primeiro ponto a ser apresentado é tratado por Enders (2004) quanto ao princípio da parcimônia. Pode ser entendimento pela forma literal do seu significado, e indica que a simplicidade e economia quanto a escolha do modelo são fornecedores de um modelo eficiente, ou seja, com um número menor de parâmetros teremos um número menor de resíduos, gerando parâmetros mais confiáveis. Enders em seu livro, deixa bastante claro a necessidade de agir de forma parcimoniosa. " *In selecting an appropriate model, the econometrician needs to be aware that several different models may have similar properties*". Um exemplo do que deve ser feito para modelos com propriedade similares, seria escolher em um primeiro teste um modelo AR(1), em vez de sugerir um modelo MA(1) ou MA(2). Ao não agir de forma parcimoniosa, o pesquisador acaba produzindo parâmetros alterados de seu  $R^2$  e da soma dos quadrados dos resíduos. A recomendação da parcimônia sugere escolher uma forma básica, e utilizar como parâmetro final de escolha formas alternativas como os critérios de informação como AIC e BIC por exemplo, que veremos com maiores detalhes quando definirmos o processo de identificação do modelo.

### 4.6 Primeira etapa: Identificação

É nesta fase que se objetiva encontrar valores apropriados para  $p$ ,  $d$  e  $q$ . Para realização de tal tarefa, utiliza-se como ferramenta as funções de autocorrelação e autocorrelação parcial. Com a plotagem dos gráficos destas funções, busca-se encontrar os padrões que as caracterizem dentro do padrão ARIMA.

Com o objetivo de estabilizar sua variância, verifica-se a necessidade de se obter a diferença da série original, assim conseguindo a diferenciação da série e a tornando estacionária.

#### 4.7 Função de Autocorrelação (FAC)

A função de autocorrelação representa o gráfico de autocorrelação contra a defasagem, sendo assim, possível identificar a ordem  $q$  de um processo de médias móveis MA.

A função de autocorrelação  $\rho_k$  é definida pela covariância com defasagem  $k$ , dividida pela variância, sendo  $\rho$  definido no intervalo de -1 até 1, da relação  $\rho_k$  por  $k$  é construído o correlograma.

Existem alguns comportamentos do gráfico da função de correlação que são relevantes, segundo Morettin (2006) temos:

*a) Um processo AR(p) tem f.a.c que decai de acordo com exponenciais e/ou senóides amortecidas, infinita em extensão;*

*b) Um processo MA(q) tem f.a.c finita, no sentido que ela apresenta um corte após o "lag" q;*

*c) Um processo ARMA(p,q) tem f.a.c infinita em extensão, que decai de acordo com exponenciais e/ou senóides amortecidas após o "lag" p-q.*

#### 4.8 Função de autocorrelação parcial

A função de autocorrelação parcial segundo Gujarati(2006) é definida por: "*Mede a correlação entre as observações da série temporal que estão separadas por k períodos, fazendo ajustamentos para levar em conta a correlação das defasagens intermediárias (isto é, defasagens menores que k). Em outras palavras a autocorrelação parcial é a correlação entre  $Y_t$  e  $Y_{t-k}$ , depois de removido o efeito do Y intermediário.*"

A plotagem da função de correlação parcial também apresenta como resultado um correlograma. Os dois correlogramas citados, possuem comportamentos padrões que resultam no quadro abaixo no auxílio da identificação do modelo. Ainda podemos extrair algumas características como para f.a.c, que segundo Morettin(2006) são:

a) Um processo  $MA(q)$  tem f.a.c.p que se comporta de maneira similar à f.a.c de um processo  $AR(p)$ : é denominado por exponenciais e/ou senóides amortecidas;

B) Um processo  $ARMA(p,q)$  tem f.a.c.p que se comporta como a f.a.c.p de um processo  $MA$  puro.

Figura 2- Quadro comparativo de metodologia para modelagem Box-Jenkins

| Padrões teóricos de FAC e FACP |   |  |
|--------------------------------|---|--|
| Tipo de modelo                 | Padrão típico de FAC  | Padrão típico de FACP  |
| AR(p)                          | Decai exponencialmente para zero ou com padrão de onda senoidal amortecida, ou ambos. | Valores significativos, ou seja, não nulos até a defasagem p |
| MA(q)                          | Valores significativos, ou seja, não nulos até a defasagem q                          | Decai exponencialmente para zero                             |
| ARMA(p,q)                      | Decai exponencialmente para zero  | Decai exponencialmente para zero                             |

Fonte: Gujarati (2006).

Ainda segundo Morettin(2006): " a f.a.c.p é útil para identificar modelos AR puros, não sendo tão útil para identificar modelos MA e ARMA."

#### 4.9 Critérios de informação

Os critérios de informação representam uma forma alternativa de verificação da qualidade do modelo. Através de um processo de pontuação, o modelo que dispor de menores valores deve ser implementado. Ou seja, este sistema avalia o número ideal de parâmetros, que ocasiona alteração na soma dos resíduos, colaborando para a escolha do modelo parcimonioso na definição de Enders(2008).

Há três principais critérios de informação segundo Bueno (2008). A estatística de Schwarz (BIC) sobre a condição de parcimônia, a estatística de Akaike (AIC) melhor condicionada a pequenas amostras e a de Hannan-Quinn (HQ) que é um pouco menos consistente que o critério BIC.

Em geral, segue-se a orientação de critério definitivo no caso de empate nas pontuações a seguinte ordem:

$$BIC \leq HQ \leq AIC$$

#### 4.10 Estimação

Após a identificação do modelo, quando conhecemos os valores de  $p$ ,  $d$  e  $q$ , o próximo passo é estimar os parâmetros dos termos auto-regressivos e de médias móveis incluídos no modelo. Este cálculo pode ser feito por mínimos quadrados ordinários (MQO), pelo método de verossimilhança , e o de verossimilhança condicional.

Segundo Bueno (2008), o método de verossimilhanças condicional e exata têm as mesmas propriedades assintóticas, se compararmos ao método de mínimos quadrados condicionais, no entanto, o método de máxima verossimilhança exato é preferível por ser mais eficiente. Já Hill (1994) atribui como vantagem ao método de verossimilhança ao uso de todas as informações, não somente os primeiros momentos como é o caso da estimação por mínimos quadrados, no entanto, apresenta como desvantagem a necessidade de se trabalhar com a função densidade de probabilidade conjunta para as primeiras observações.

Para cada conjunto de dados, deve-se analisar qual a melhor opção de estimação. O cálculo em geral, não é motivo para grande preocupação, já que é facilmente operado por softwares estatísticos.

#### 4.11 Diagnóstico

Este é um importante passo para a qualificação do modelo e resume-se a verificar a especificação dada ao mesmo.

Entre diversos testes, o primeiro passo deve ser a verificação dos resíduos. Para isso, espera-se a estimativas dos resíduos sejam ruído branco, portanto, estatisticamente iguais a zero. Para confirmarmos tal situação, aplicamos o teste Q, de Ljung Box.

Teste Q:

$$\begin{cases} H_0 : \rho_1 = \dots = \rho_J = 0 \\ H_1 : \text{ao menos um } \rho_j \neq 0 \text{ (} 1 \leq j \leq J \text{)} \end{cases}$$

Sendo Q:  $Q = T \sum_{k=1}^K r_k^2 \sim \chi_{K-p-q}^2$

Se o valor de Q, for menor que o nível de significância, não rejeita-se  $H_0$ , portanto, os erros não são correlacionados, ou seja, estatisticamente ruído branco.

Demais testes podem ser realizados, como Jarque-Bera, Normalidade e LM por exemplo.

#### 4.12 Previsão

Este é o processo que mais justifique a escolha pela metodologia ARIMA, a previsão de valores futuros em modelos univariados. Este processo é indicado para previsão de curtos períodos, segundo Gujarati(2006) "*Uma das razões para a popularidade da modelagem ARIMA é o sucesso na previsão. Em muitos casos, as previsões obtidas por este método são mais confiáveis que aquelas obtidas pela modelagem econométrica tradicional, especialmente no caso das previsões de curto prazo.*"

Essa etapa constitui fundamentalmente a obtenção de valores futuros a partir das defasagens conhecidas da própria variável a qual deseja-se saber valores n períodos a frente e dos termos de erro estocástico. Para exemplificar, usaremos a equação abaixo.

Para conhecermos um valor futuro l períodos a frente teremos:

$$\hat{W}_T(l) = E(W_{T+l} | W_T, \dots) = \phi_1 \hat{W}_T(l-1) + \dots + \phi_l W_T + \dots + \phi_p W_{T-p+l} - \theta_l \hat{\varepsilon}_T - \dots - \theta_q \hat{\varepsilon}_{T-q+l} \quad (18)$$

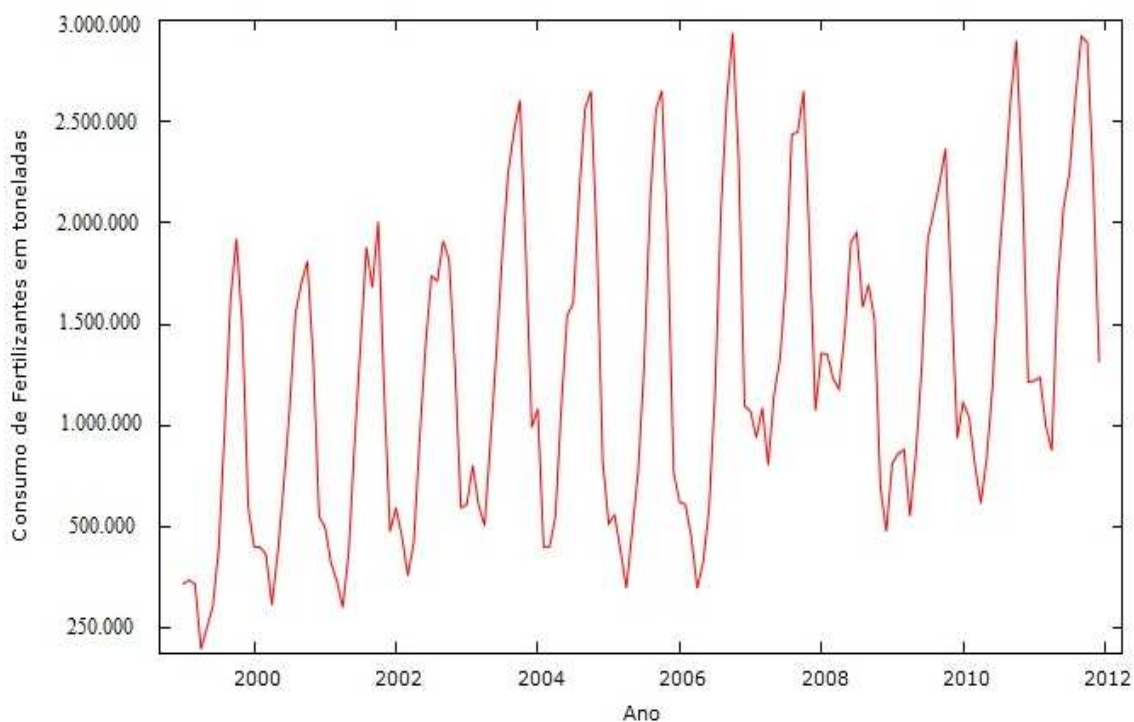
Ou seja, as previsões com modelo ARIMA minimizam o erro quadrático médio.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Aplicação do modelo e análise dos resultados

Este capítulo tem por finalidade a análise dos resultados obtidos com a metodologia proposta. Para finalidade de construção do modelo proposto, foi utilizado a série mensal histórica, de janeiro de 1999 até dezembro de 2011. Como podemos observar o gráfico abaixo, e confirmado pelo teste de Dickey-Fuller, a série não apresenta estacionariedade.

Gráfico 2- Série temporal do consumo de fertilizantes no Brasil



Fonte: autoria própria

A questão da falta de estacionariedade é apresentada por questões de tendência e de sazonalidade. Por tendência é valido entender a definição dado por Morenttin (2008) " Podemos pensar em tendência como uma mudança de longo

prazo no nível médio da série", ou seja, se avaliarmos o eixo "ANO" nos intervalos apresentados veremos uma alteração em relação aos pontos máximos e mínimos no decorrer do tempo.

O teste de Dickey-Fuller apresentou como resultado as seguintes informações:

Testando a hipótese nula de raiz unitária:  $a = 1$

Tabela 4- Resultados do Teste de Dickey-Fuller na variável consumo de fertilizantes no Brasil

| Teste com constante                       |  |
|---|--|
| <b>Modelo:</b>                            | $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$         |
| <b>Coefficiente de 1ª ordem para e:</b>   | <b>0,010</b>                                     |
| <b>Diferenças defasadas:</b>              | <b>F(12, 129) = 26,200 [0,0000]</b>              |
| <b>Valor estimado de (a - 1):</b>         | <b>-0,0969997</b>                                |
| <b>estatística de teste:</b>              | <b>tau_c(1) = -1,2566</b>                        |
| <b>p-valor assintótico:</b>               | <b>0,6518</b>                                    |
| Teste com constante e tendência           |  |
| <b>Modelo:</b>                            | $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$ |
| <b>Coefficiente de 1ª ordem para e:</b>   | <b>-0,004</b>                                    |
| <b>Diferenças defasadas: F(12, 128) =</b> | <b>27,331 [0,0000]</b>                           |
| <b>Valor estimado de (a - 1):</b>         | <b>-0,420597</b>                                 |
| <b>Estatística de teste: tau_ct(1) =</b>  | <b>-2,78335</b>                                  |
| <b>p-valor assintótico</b>                | <b>0,2034</b>                                    |

Fonte: autoria própria

Portanto, para corrigir os problemas anteriormente descritos, acrescentou-se ao modelo a variável "TIME" que corresponde a tendência temporal, além de dummies periódicas com a finalidade de modelar a sazonalidade, e não de eliminá-las com o artifício da primeira defasagem sazonal, que significariam em perdas de informação.

Refeito novamente o teste, com as devidas alterações e testando a hipótese nula de raiz unitária:  $a = 1$  obtemos os resultados contidos na tabela abaixo.

Tabela 5- Teste de Dickey-Fuller após ajustes

| Teste com constante e tendência dummies de sazonalidade aditivas |  |
|--|--|
| <b>Modelo:</b>   | $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$ |
| <b>Coefficiente de 1ª ordem para e:</b>                          | <b>-0,027</b>                                    |
| <b>Valor estimado de (a - 1):</b>                                | <b>-0,268054</b>                                 |
| <b>Estatística de teste: tau_ct(1) :</b>                         | <b>-5,30223</b>                                  |
| <b>p-valor assintótico:</b>                                      | <b>4,434e-005</b>                                |

Fonte: autoria própria

Confirmando o diagnóstico apresentado anteriormente, o modelo com constante e tendência apresenta estacionariedade necessária para modelagem ARIMA.

A seguir efetuou-se uma regressão por MQO (Mínimos Quadrados Ordinários) com a finalidade de se obter a significância das variáveis e a validade do modelo. A variável consumo é tratada como variável dependente.

MQO, usando 156 observações 1999:2011:12

Tabela 6- Regressão por MQO com variável dependente: Consumo de Fertilizantes no Brasil

|                        | COEFICIENTE | ERRO PADRÃO           | RAZÃO-T | P-VALOR  |     |
|------------------------|-------------|-----------------------|---------|----------|-----|
| CONST                  | 822599      | 100074                | 8,2199  | <0,00001 | *** |
| time                   | 6164,13     | 566,122               | 10,8883 | <0,00001 | *** |
| dm1                    | 6810,57     | 124682                | 0,0546  | 0,95651  |     |
| dm2                    | -68906,2    | 124655                | -0,5528 | 0,58128  |     |
| dm3                    | -174737     | 124631                | -1,4020 | 0,16307  |     |
| dm4                    | -327381     | 124609                | -2,6273 | 0,00955  | *** |
| dm5                    | 12885,8     | 124589                | 0,1034  | 0,91777  |     |
| dm6                    | 365944      | 124573                | 2,9376  | 0,00386  | *** |
| dm7                    | 739442      | 124559                | 5,9365  | <0,00001 | *** |
| dm8                    | 1,14663e+06 | 124547                | 9,2064  | <0,00001 | *** |
| dm9                    | 1,40567e+06 | 124538                | 11,2871 | <0,00001 | *** |
| dm10                   | 1,53657e+06 | 124531                | 12,3388 | <0,00001 | *** |
| dm11                   | 855150      | 124528                | 6,8672  | <0,00001 | *** |
| MÉDIA VAR. DEPENDENTE  | 1764656     | D.P. VAR. DEPENDENTE  |         | 761941,1 |     |
| SOMA RESÍD. QUADRADOS  | 1,44E+13    | E.P. DA REGRESSÃO     |         | 317481,1 |     |
| R-QUADRADO             | 0,839824    | R-QUADRADO AJUSTADO   |         | 0,826383 |     |
| F(12, 143)             | 62,48066    | P-VALOR(F)            |         | 1,09E-50 |     |
| LOG DA VEROSSIMILHANÇA | 2190,803    | CRITÉRIO DE AKAIKE    |         | 4407,605 |     |
| CRITÉRIO DE SCHWARZ    | 4447,253    | CRITÉRIO HANNAN-QUINN |         | 4423,709 |     |
| RÔ                     | 0,798979    | DURBIN-WATSON         |         | 1,971176 |     |

Fonte: autoria própria

Como podemos constatar pela regressão apresentada, o modelo apresenta coeficientes significativos, além de resultados satisfatórios, como o resultado de  $R^2$  que significa que as variáveis explicam mais de 80% da regressão.

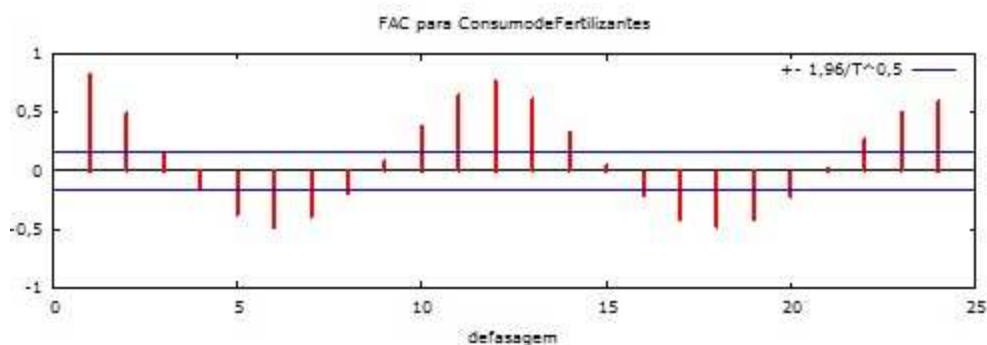
## 5.2 Identificação e estimação

Nesta fase avaliamos os correlogramas das funções parciais com a finalidade de encontrar o mais apropriado modelo ARIMA (p,d,q). A seguir é apresentado o correlograma da variável consumo de fertilizantes, com um decaimento contínuo e



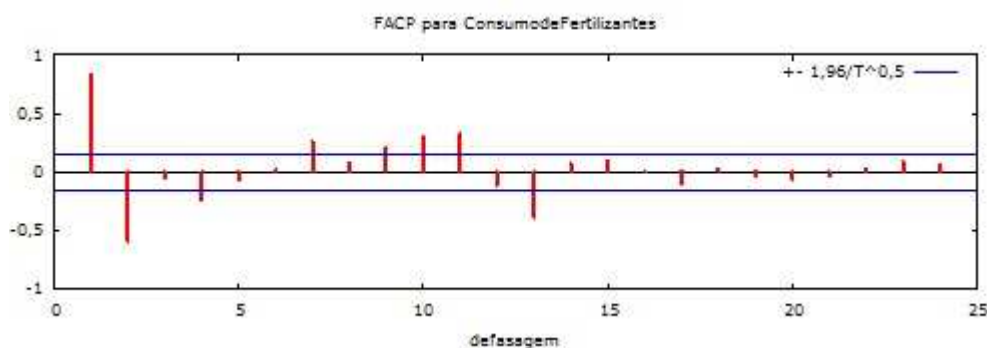
aparente comportamento senoidal, enquanto que para função de autocorrelação parcial, ocorre uma quebra já na primeira defasagem (lag), indicando um modelo AR(1).

Gráficos 3 - Função de autocorrelação da variável consumo de fertilizantes com 25 defasagens



Fonte: autoria própria

Gráfico 4 - Função de autocorrelação parcial (FACP) da variável consumo de fertilizantes



Fonte: autoria própria

Para avaliarmos o modelo proposto, devemos analisar seus resultados logo abaixo apresentados, estimados pelo método de máxima verossimilhança condicional.

Tabela 7- Modelo AR1 pelo Método de Máxima Verossimilhança Condicional

|                        | COEFICIENTE | ERRO<br>PADRÃO | Z                     | P-VALOR  |            |
|------------------------|-------------|----------------|-----------------------|----------|------------|
| CONST                  | -511121     | 104074         | -4,9111               | <0,00001 | ***        |
| phi_1                  | 0,799001    | 0,0505764      | 15,7979               | <0,00001 | ***        |
| time                   | 1216,62     | 465,07         | 2,6160                | 0,00890  | ***        |
| dm1                    | 701674      | 88282,1        | 7,9481                | <0,00001 | ***        |
| dm2                    | 608695      | 86746,6        | 7,0169                | <0,00001 | ***        |
| dm3                    | 563384      | 88690,4        | 6,3523                | <0,00001 | ***        |
| dm4                    | 495321      | 91612,8        | 5,4067                | <0,00001 | ***        |
| dm5                    | 957573      | 96202,8        | 9,9537                | <0,00001 | ***        |
| dm6                    | 1,03878e+06 | 86550,1        | 12,0021               | <0,00001 | ***        |
| dm7                    | 1,13021e+06 | 79290,8        | 14,2539               | <0,00001 | ***        |
| dm8                    | 1,23899e+06 | 75551          | 16,3994               | <0,00001 | ***        |
| dm9                    | 1,17271e+06 | 76747,2        | 15,2802               | <0,00001 | ***        |
| dm10                   | 1,09666e+06 | 80296          | 13,6577               | <0,00001 | ***        |
| dm11                   | 310670      | 82822,8        | 3,7510                | 0,00018  |            |
| MÉDIA VAR. DEPENDENTE  |             | 1771389        | D.P. VAR. DEPENDENTE  |          | 759740,8   |
| MÉDIA DE INOVAÇÕES     |             | -1,73E-11      | D.P. DAS INOVAÇÕES    |          | 192006,5   |
| LOG DA VEROSSIMILHANÇA |             | -2098,218      | CRITÉRIO DE AKAIKE    |          | 4152,436   |
| CRITÉRIO DE SCHWARZ    |             | 4200,044       | CRITÉRIO HANNAN-QUINN |          | 4172,742   |
|                        | REAL        | IMAGINÁRIA     | MÓDULO                |          | FREQUÊNCIA |
| RAIZ 1                 | 1,2516      | 0,0000         | 1,2516                |          | 0,0000     |

Fonte: autoria própria

Agora, propomos um modelo alternativo com fins de comparativos .Um modelo AR(2), por exemplo.

Tabela 8- Modelo AR(2) pelo Método de Máxima Verossimilhança Condicional

|                        | COEFICIENTE | ERRO<br>PADRÃO | Z                     | P-VALOR    |
|------------------------|-------------|----------------|-----------------------|------------|
| CONST                  | -172574     | 127563         | -1,3529               | 0,17610    |
| phi_1                  | 1,0692      | 0,0798268      | 13,3940               | <0,00001   |
| phi_2                  | -0,337253   | 0,0798126      | -4,2256               | 0,00002    |
| time                   | 1645,14     | 452,994        | 3,6317                | 0,00028    |
| dm1                    | 701140      | 83682,3        | 8,3786                | <0,00001   |
| dm2                    | 311157      | 108320         | 2,8726                | 0,00407    |
| dm3                    | 297282      | 105135         | 2,8276                | 0,00469    |
| dm4                    | 232263      | 106948         | 2,1717                | 0,02988    |
| dm5                    | 700052      | 109787         | 6,3765                | <0,00001   |
| dm6                    | 637825      | 125536         | 5,0808                | <0,00001   |
| dm7                    | 748596      | 117552         | 6,3682                | <0,00001   |
| dm8                    | 875515      | 111943         | 7,8211                | <0,00001   |
| dm9                    | 825166      | 109778         | 7,5167                | <0,00001   |
| dm10                   | 816433      | 100903         | 8,0913                | <0,00001   |
| dm11                   | 824818,6    | 95242,3        | 0,8654                | 0,38684    |
| MÉDIA VAR. DEPENDENTE  |             | 1778103        | D.P. VAR. DEPENDENTE  | 757592,3   |
| MÉDIA DE INOVAÇÕES     |             | 1,91E-10       | D.P. DAS INOVAÇÕES    | 181971,0   |
| LOG DA VEROSSIMILHANÇA |             | -2075,812      | CRITÉRIO DE AKAIKE    | 4181,625   |
| CRITÉRIO DE SCHWARZ    |             | 4227,179       | CRITÉRIO HANNAN-QUINN | 4200,129   |
|                        | REAL        | IMAGINÁRIA     | MÓDULO                | FREQUÊNCIA |
| RAIZ 1                 | 1,5852      | -0,6726        | 1,7220                | -0,0639    |
| RAIZ 2                 | 1,5852      | 0,6726         | 1,7220                | 0,0639     |

Fonte: autoria própria

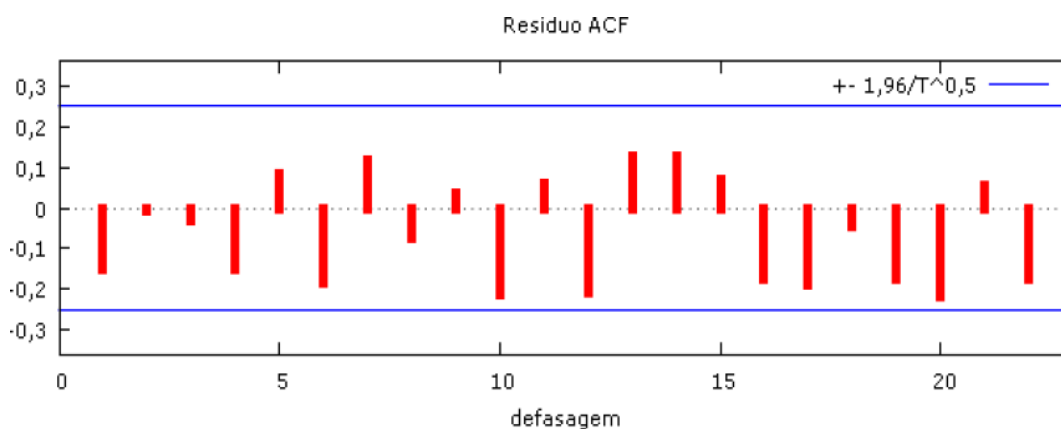
A comparação dos valores de critério de informação nos ajudam a concluir qual opção é a mais eficaz. Dos dados apresentados, verificamos menores valores para o modelo AR(1), para os três critérios apresentados. Outra comparação a ser feita é por conta do maior número de variáveis significativas.

### 5.3 Diagnóstico dos resíduos

Após a identificação e estimação do modelo, deve-se verificar os resíduos estimados. É importante ressaltar, que os mesmos foram considerados como ruído branco, a mesma situação deve ocorrer com os resíduos estimados, ou seja, os modelos não podem apresentar qualquer memória, ocasionando em previsões ruins. Em caso do caso modelo não apresentar ruído branco, deve-se descartar o modelo.

O primeiro passo para verificação é examinar o correlograma de autocorrelação logo abaixo apresentado.

Gráfico 5- Correlograma dos resíduos



Fonte: autoria própria

Para que comportamento do modelo esteja adequadamente especificado, o gráfico dos resíduos deve ser não-significante. Para testar essa suposição, verificou-se o comportamento da ACF para os resíduos estimados. O resultado apresenta que os resíduos seguem comportamento aleatório, ou seja, não revelam padrão específico. Assim, a análise dos resíduos confirma o modelo proposto. Para confirmação da análise obtida, pode-se avaliar o resultado do teste de Ljung-Box, que apresentou um valor de  $Q' = 21,07$ , que não é significativo para o valor crítico do teste.

Outro fator que reforça a negativa para autocorrelação residual, é o resultado do teste de Durbin-Watson para a regressão apresentada anteriormente que é aproximadamente igual a 2 (1,971176).

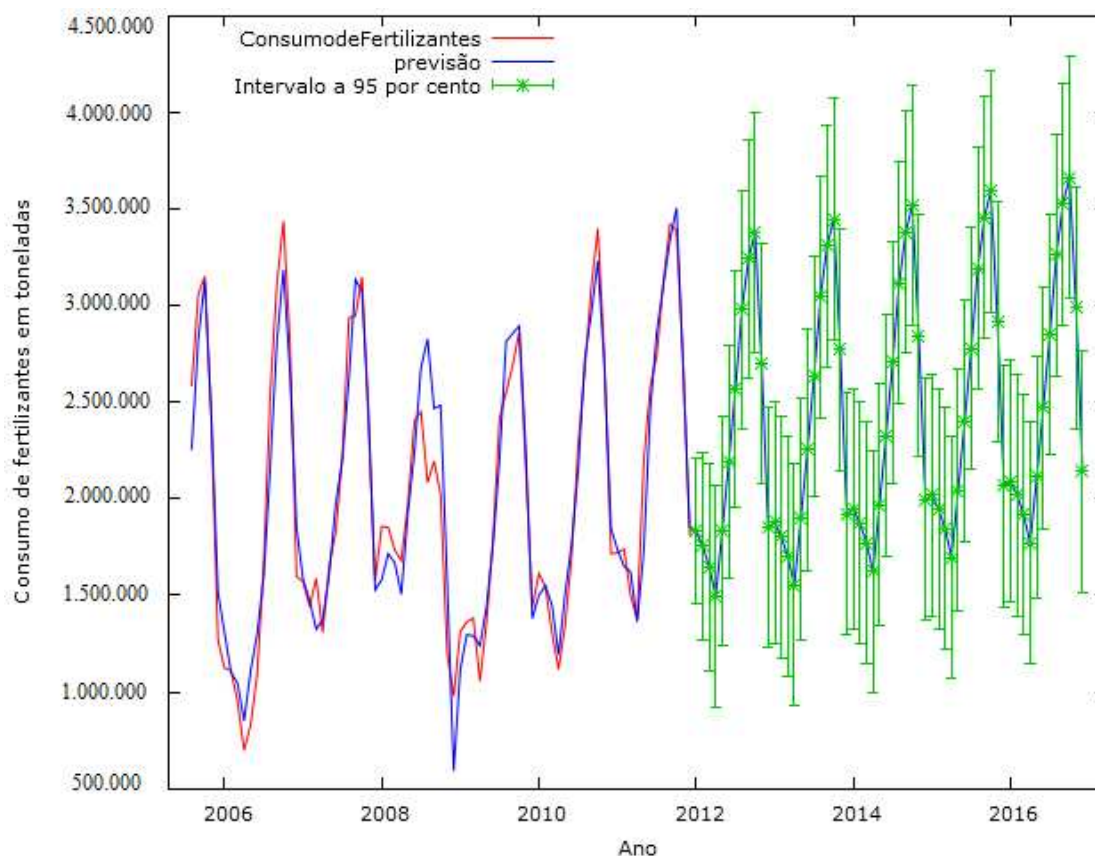
## 5.4 Previsão

Após a confirmação da qualidade do modelo, inicia-se o processo de previsão. Nesta fase são simulados os valores n períodos a frente, através da análise dos dados estimados obtidos anteriormente.

O software Gretl utilizado para este trabalho, apresenta o gráfico demonstrando a tendência futura do consumo de fertilizantes até dezembro de 2016.

Lembrando que a variância do erro aumenta, a medida que ampliamos o número de períodos a serem previstos, sendo os dados obtidos nos primeiros períodos obtidos com maior precisão. Abaixo segue o gráfico da previsão realizada.

Gráfico 6- Previsão do consumo de fertilizantes no Brasil



Fonte: autoria própria

Podemos observar que a tendência de aumento na quantidade demanda ainda é persistente no universo do setor até 2016, essas sendo explicadas com as previsões de ampliação de área plantada e pressão por maior demanda de alimentos.

Na tabela abaixo apresenta-se os valores previstos dentro de um intervalo de confiança de 95%.

Tabela 9- Previsão do Consumo de fertilizantes para intervalos de confiança de 95%,  
 $z(0,025) = 1,96$  para a triênio 2012/2014

| OBSERVAÇÃO | PREVISÃO  | ERRO PADRÃO | INTERVALO A 95%        |
|------------|-----------|-------------|------------------------|
| 2012:01    | 1.833.120 | 192.007     | (1.456.790- 2.209.450) |
| 2012:02    | 1.754.470 | 245.769     | (1.272.770- 2.236.160) |
| 2012:03    | 1.647.530 | 274.641     | (1.109.240- 2.185.810) |
| 2012:04    | 1.495.230 | 291.581     | (923.740- 2.066.720)   |
| 2012:05    | 1.837.020 | 301.900     | (1.245.310- 2.428.730) |
| 2012:06    | 2.192.530 | 308.306     | (1.588.262-2.796.800)  |
| 2012:07    | 2.569.230 | 312.328     | (1.957.800-3.181.380)  |
| 2012:08    | 2.980.210 | 314.868     | (2.363.080- 3.597.340) |
| 2012:09    | 3.243.530 | 316.479     | (2.623.240-3.863.810)  |
| 2012:10    | 3.379.080 | 317.503     | (2.756.790-4.001.380)  |
| 2012:11    | 2.702.620 | 318.155     | (2.079.040- 3.326.190) |
| 2012:12    | 1.852.660 | 318.571     | (1.228.280- 2.477.050) |
| 2013:01    | 1.876.440 | 318.836     | (1.251.540-2.501.350)  |
| 2013:02    | 1.803.680 | 319.005     | (1.178.440-2.428.920)  |
| 2013:03    | 1.701.450 | 319.113     | (1.076.000-2.326.900)  |
| 2013:04    | 1.552.920 | 319.182     | (927.332-2.178.500)    |
| 2013:05    | 1.897.710 | 319.226     | (1.272.040-2.523.380)  |
| 2013:06    | 2.255.620 | 319.254     | (1.629.900-2.881.350)  |
| 2013:07    | 2.634.240 | 319.272     | (2.008.480-3.260.000)  |
| 2013:08    | 3.046.750 | 319.283     | (2.420.970- 3.672.540) |
| 2013:09    | 3.311.290 | 319.291     | (2.685.490-3.937.090)  |
| 2013:10    | 3.447.830 | 319.295     | (2.822.020-4.073.630)  |
| 2013:11    | 2.772.140 | 319.298     | (2.146.330-3.697.950)  |
| 2013:12    | 1.922.810 | 319.300     | (1.290.700-2.548.630)  |
| 2014:01    | 1.947.090 | 319.301     | (1.321.270-2.572.910)  |
| 2014:02    | 1.874.730 | 319.302     | (1.248.910- 2.500.550) |
| 2014:03    | 1.772.810 | 319.303     | (1.146.990-2.398.640)  |
| 2014:04    | 1.624.540 | 319.303     | (998.717- 2.250.360)   |
| 2014:05    | 1.969.540 | 319.303     | (1.343.710 2.595.360)  |
| 2014:06    | 2.327.610 | 319.303     | (1.701.790-2.953.430)  |
| 2014:07    | 2.706.360 | 319.303     | (2.080.530-3.332.180)  |
| 2014:08    | 3.118.970 | 319.303     | (2.493.150-3.744.800)  |
| 2014:09    | 3.383.600 | 319.304     | (2.750.777-4.009.420)  |
| 2014:10    | 3.520.200 | 319.304     | (2.894.370-4.146.020)  |
| 2014:11    | 2.844.570 | 319.304     | (2.218.740-3.470.390)  |
| 2014:12    | 1.995.280 | 319.304     | (1.360.940-2.621.100)  |

Fonte: autoria própria

Tabela 10- Previsão do Consumo de fertilizantes para intervalos de confiança de 95%,  $z(0,025) = 1,96$  para a biênio 2015/2016

| OBSERVAÇÃO | PREVISÃO   | ERRO PADRÃO | INTERVALO A 95%         |
|------------|------------|-------------|-------------------------|
| 2015:01    | 2019592,71 | 319303,582  | 1393769,19 - 2645416,24 |
| 2015:02    | 1947254,76 | 319303,586  | 1321431,23 - 2573078,29 |
| 2015:03    | 1845362,97 | 319303,588  | 1219539,43 - 2471186,50 |
| 2015:04    | 1697105,03 | 319303,590  | 1071281,49 - 2322928,56 |
| 2015:05    | 2042114,73 | 319303,591  | 1416291,19 - 2667938,27 |
| 2015:06    | 2400201,85 | 319303,591  | 1774378,31 - 3026025,39 |
| 2015:07    | 2778956,68 | 319303,592  | 2153133,14 - 3404780,22 |
| 2015:08    | 3191581,20 | 319303,592  | 2565757,66 - 3817404,74 |
| 2015:09    | 3456208,85 | 319303,592  | 2830385,31 - 4082032,39 |
| 2015:10    | 3592813,73 | 319303,592  | 2966990,19 - 4218637,27 |
| 2015:11    | 2917185,38 | 319303,592  | 2291361,83 - 3543008,92 |
| 2015:12    | 2067904,17 | 319303,592  | 1442080,63 - 2693727,71 |
| 2016:01    | 2092218,07 | 319303,592  | 1466394,53 - 2718041,61 |
| 2016:02    | 2019881,95 | 319303,592  | 1394058,41 - 2645705,49 |
| 2016:03    | 1917991,61 | 319303,592  | 1292168,07 - 2543815,15 |
| 2016:04    | 1769734,84 | 319303,592  | 1143911,30 - 2395558,38 |
| 2016:05    | 2114745,48 | 319303,592  | 1488921,93 - 2740569,02 |
| 2016:06    | 2472833,34 | 319303,592  | 1847009,80 - 3098656,88 |
| 2016:07    | 2851588,76 | 319303,592  | 2225765,22 - 3477412,30 |
| 2016:08    | 3264213,76 | 319303,592  | 2638390,22 - 3890037,30 |
| 2016:09    | 3528841,79 | 319303,592  | 2903018,25 - 4154665,33 |
| 2016:10    | 3665446,98 | 319303,592  | 3039623,43 - 4291270,52 |
| 2016:11    | 2989818,86 | 319303,592  | 2363995,32 - 3615642,40 |
| 2016:12    | 2140537,85 | 319303,592  | 1514714,31 - 2766361,39 |

Fonte: autoria própria

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente modelo se mostrou eficaz ao proporcionar um eficaz método de previsão da demanda de fertilizantes. Com a utilização de dados históricos do consumo, foi possível prever dentro de uma determinada margem de erro os valores futuros do consumo de fertilizantes.

Há de se atentar a necessidade do Estado em incentivar o aumento da produção, com a finalidade de diminuir o presente déficit nacional produtivo já debatido neste trabalho.

Já para 2013, com fonte nos dados aqui previstos, alguns meses demandaram quantias superiores a quatro milhões de toneladas. Estes meses, como observados nos dados anteriores, em sua maioria correspondem aos meses de julho e novembro, que representam os preparativos dos maiores estados produtores para as culturas de soja e milho, que em sua maioria se concentram-se nos meses de outubro, novembro e dezembro em grande parte das regiões produtoras. O milho que inicia-se em algumas regiões já no final de setembro, e a soja nos meses de outubro e novembro.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. Planilhas Estatísticas, 2008. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/index.php?mpg=03.01.00&ver=por>>. Acesso em: 22 maio 2012.
2. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. PLANILHAS ESTATÍSTICAS, 2010. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/index.php?mpg=03.01.00&ver=por>>. Acesso em: 22 maio 2012.
3. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. Planilhas Estatísticas, 2011. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/index.php?mpg=03.01.00&ver=por>>. Acesso em: 22 maio 2012.
4. ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA DO MATO GROSSO - APROSOJA. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/comunicacao/noticias/Paginas/Encontro-re%C3%BAne-os-principais-produtores-de-oleaginosas-do-mundo.aspx>>. Acesso em: outubro 2012.
5. BANCO CENTRAL DO BRASIL- BACEN. Anuário Estatístico do Crédito Rural. 2011.
6. Bueno, R.L.S. Econometria de Séries Temporais. São Paulo:Cengage learning, 2008, 299p.
7. Burrela, A. The demand for fertilizer in the UK. Journal of Agricultural. 1989, 40:1-20.

8. Carman, H.F. The demand for nitrogen, phosphorous and potash fertilizer nutrients in the western states. *Western Journal of Agricultural Economics*. 1979, 4: 23-32. Disponível em :<<http://EconPapers.repec.org/RePEc:ags:wjagec:32437>>. Acesso em: setembro 2012.
9. Cibantos, J.S. Demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo. 1972. 196f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.
10. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. Boletim safras 2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em : setembro 2012.
11. Enders, W. *Applied econometric time series*. 2 ed, New York: John Wiley, 1995, 433p.
12. Fernandes, E.; Guimarães, B.A.; Matheus, R.R. Principais Empresas e Grupos do Setor de Fertilizantes. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, 2009, 29: 203-228
13. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. *World Agroculture: towards 2015/2030*. Rome; 2002:97. Disponível em <[WWW.fao.org/fileadmin/user\\_upload/esag/docs/y425e.pdf](http://WWW.fao.org/fileadmin/user_upload/esag/docs/y425e.pdf)>. Acesso em julho 2012.
14. Ferreira, C.R.R.P.T.; dos Anjos, N.M. A evolução no setor de fertilizantes no Brasil, 1954-80; 1983.
15. Fritzer, F.; Moser, G.; Scharler, G. *Forecasting Austrian HICP and its Components using VAR and ARIMA Models*. Disponível em < [http://www.oenb.at/en/img/wp73\\_tcm16-6163.pdf](http://www.oenb.at/en/img/wp73_tcm16-6163.pdf) >. Acesso em outubro 2012.

16. Griliches, Z.V.I. The demand for fertilizer: an economic interpretation for a technical change. *Journal of Farm Economy*. 1958, 40:591-606. Disponível em:<[www.jstor.org/stable/1235370](http://www.jstor.org/stable/1235370)>. Acesso em julho de 2012.
17. Gujarati, D.M. *Econometria Básica*. Campus/Elsevier, v.4, p.635-697, 2006.
18. Gunjal, K.R.; Roberts, R.K.; Heady, A.O. Fertilizer demand for the five major crops in the United States. *Southern Journal of Agricultural Economics*. 1980; 12(1):11-116. Disponível em: <<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/29473/1/12020111.pdf>>. Acesso em : setembro 2012.
19. HILL, R.C.; GRIFFITHS, W.E.; JUDGE, G.G. *Econometria*. São Paulo. Saraiva, v.3, p.408-435, 1999.
20. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Base de dados macroeconômicos IPEADATA. Brasília: IPEA, 2011. Disponível em:<[HTTP://www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br)>. Acesso em setembro 2012.
21. Mergos, G.J.; Storofos, Ch.E. Fertilizer demand. *Greece Agricultural Economics*. 1997;16: 227-235.
22. MEDIDA PROVISÓRIA (MP) nº 582: O regime Especial de Incentivo ao Desenvolvimento da Infraestrutura da Indústria de Fertilizantes (REIF). *Diário Oficial* : 21 set. 2012.
23. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-ASSESSORIA DE GESTÃO ESTRATÉGICA BRASIL. PROJEÇÕES DO AGRONEGÓCIO 2010/2011 A 2020/2021. BRASÍLIA, JUNHO 2011.
24. Moretim, A.P. *Econometria Financeira*. ed. Blucher, v.1, p.46-111, 2006.

25. 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*. 2005; 43(1):81-100.
26. Pescarin, R.M.C. Relações estruturais da demanda de fertilizantes no Estado de São Paulo. 1974, 123f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1974.
27. Santos, H.G. Latossolos do Brasil: O tema é solos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. 1999. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/tema1/tema1.html>>. Acesso em julho 2012.
28. Zhang, W.J.; Qi, Y.H.; Zhang, Z.G. A long term forecast analysis on worldwide land uses. *Environmental Monitoring Assessment*. 2006; 119:609-20.
29. Zhang, W.; Zhang, X. A forecast analysis on fertilizers consumption worldwide. 2007; 133: 427-34.

## 8 Anexos

### 8.1- Lista de Ilustrações

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1- Relação entre consumo de fertilizantes e produção<br>agrovegetal (2009) .....             | 3  |
| Figura 1- Fluxograma da produção de fertilizantes (2009) .....                                       | 6  |
| Figura 2- Quadro comparativo de metodologia para modelagem<br>Box-Jenkins .....                      | 23 |
| Gráfico 2- Série temporal do consumo de fertilizantes no Brasil.....                                 | 26 |
| Gráficos 3- Função de autocorrelação da variável consumo de<br>fertilizantes com 25 defasagens ..... | 29 |
| Gráfico 4 - Função de autocorrelação parcial da variável consumo de<br>fertilizantes .....           | 29 |
| Gráfico 5- Correlograma dos resíduos .....   | 32 |
| Gráfico 6- Previsão do consumo de fertilizantes no Brasil.....                                       | 33 |

## 8.2- Lista de Tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1-Demanda de fertilizantes em milhares de toneladas (2011) .....  | 2  |
| Tabela 2-Extração média de nutrientes pela cultura do milho (2011).....  | 4  |
| Tabela 3-Importação de fertilizantes no Brasil .....   | 12 |
| Tabela 4-Resultados do Teste de Dickey-Fuller na variável<br>consumo de fertilizantes no Brasil .....                                    | 27 |
| Tabela 5-Teste de Dickey-Fuller após ajustes .....   | 27 |
| Tabela 6-Regressão por MQO com variável dependente: Consumo<br>de Fertilizantes no Brasil.....   | 28 |
| Tabela 7-Modelo AR(1) pelo Método de Máxima Verossimilhança<br>Condicional .....   | 31 |
| Tabela 8-Modelo AR(2) pelo Método de Máxima Verossimilhança<br>Condicional .....   | 32 |
| Tabela 9-Previsão do Consumo de fertilizantes para intervalos<br>de confiança de 95%, $z(0,025) = 1,96$ para a triênio<br>2012/2014..... | 34 |
| Tabela 10-Previsão do Consumo de fertilizantes para intervalos<br>de confiança de 95%, $z(0,025) = 1,96$ para a biênio<br>2015/2016..... | 35 |