



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*



MODELAGEM ARIMA NA PREVISÃO DO PREÇO DA ARROBA DO BOI GORDO

**ANDRÉ LUIZ MEDEIROS; JOSÉ ARNALDO BARRA MONTEVECHI;
MARCELO LACERDA REZENDE; RICARDO PEREIRA REIS;**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

ITAJUBÁ - MG - BRASIL

andremedeiros@unifei.edu.br

APRESENTAÇÃO COM PRESENÇA DE DEBATEDOR

COMERCIALIZAÇÃO, MERCADOS E PREÇOS AGRÍCOLAS

Modelagem ARIMA na previsão do preço da arroba do boi gordo

Grupo de Pesquisa: Comercialização, Mercados e Preços Agrícolas

RESUMO

Com o maior rebanho comercial do mundo, a pecuária de corte vem colocando o país entre os maiores produtores e exportadores de carne. Apesar da importância econômico-social do setor, a maior parte dos pecuaristas não possui gestão profissional. Isso os tem levado ao uso de regras de decisão muitas vezes inadequadas para a maximização dos lucros. E uma forma de minimizar o risco na comercialização do boi seria por meio da previsão dos preços a serem recebidos. Assim, o objetivo principal deste trabalho é, por meio de uma abordagem metodológica, usar a modelagem ARIMA na previsão do preço a ser recebido pela arroba de boi gordo. Além disso, pretende-se, especificamente, prever o preço a ser recebido pela a arroba de boi gordo e comparar o resultado obtido com o mercado físico. O resultado é que, sob o ponto de vista teórico, o modelo apresenta coeficientes estatisticamente significantes, com indicadores de erro pequenos e com boa explicação da variação dos dados originais. Sob o ponto de vista prático, ele revela um processo de previsão acurado, produzindo resultados significativos e próximos aos valores de mercado. Palavras chave: Previsão-preço, ARIMA, Boi gordo, Metodologia.

1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 1990, a economia brasileira vem passando por uma série de transformações (Reis *et al.*, 2001). Abertura econômica, troca de moeda, valorizações e desvalorizações cambiais, elevadas taxas de juros, estabilidade de preços, competitividade

das empresas e globalização de mercado, são alguns dos vários exemplos dessas mudanças que influenciaram, direta e ou indiretamente, a economia nacional.

Como não poderia ser diferente, o agronegócio brasileiro também é influenciado por todas essas mudanças. Mas apesar disso, o setor vem se consolidando no mercado nacional e até mesmo no internacional. *Commodities* como o café, o açúcar, a soja, o álcool, o suco de laranja e a carne bovina estão entre os principais destaques da pauta de exportação, servindo como âncoras do saldo positivo da balança comercial.

Uma atividade em específico do agronegócio assume papel de destaque na economia mundial, a pecuária. Além de ser uma das principais responsáveis pela produção de proteína animal (consumida principalmente através da carne e do leite), a pecuária fornece matéria-prima para diversos setores da economia (adubos orgânicos, produtos destinados à alimentação animal, subprodutos para indústria de calçados, vestuário, farmacêutica e outras).

Por outro lado, apesar do destaque e da importância econômico-social da atividade, percebe-se uma defasagem entre o desenvolvimento de tecnologias gerenciais e sua efetiva aplicação nas empresas rurais produtoras de “carne”. Pois, a grande maioria dos pecuaristas brasileiros não possui gestão profissional do negócio, resultando na falta de informações gerenciais.

Somados a isso, outros fatores podem agravar ainda mais a situação destes empresários, como o fato da atividade estar atrelada a vários tipos de risco que vão desde os produtivos até os comerciais. Assim, a combinação destas duas características pode levar esses empresários usarem regras para a tomada de decisões que, muitas vezes, são inadequadas para a maximização de seus lucros.

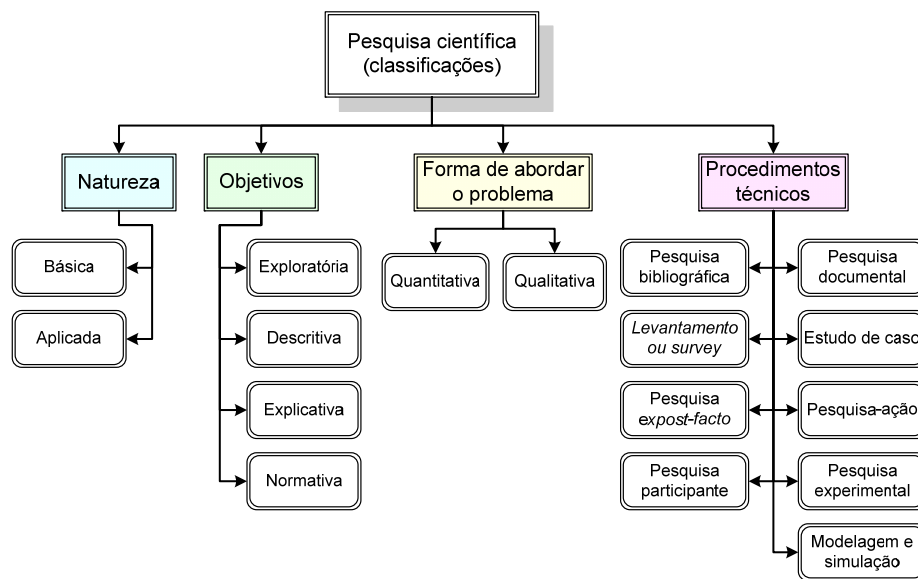
Contudo, o objetivo principal deste trabalho é, por meio de uma abordagem metodológica, usar a modelagem ARIMA na previsão do preço a ser recebido pela arroba de boi gordo. Além disso, pretende-se, especificamente, prever o preço a ser recebido pela a arroba de boi gordo e comparar o resultado obtido com o mercado físico.

O resultado é que, sob o ponto de vista teórico, o modelo apresenta coeficientes estatisticamente significantes, com indicadores de erro pequenos e com boa explicação da variação dos dados originais. Sob o ponto de vista prático, ele revela um processo de previsão acurado, produzindo resultados significativos e próximos aos valores de mercado.

2. MÉTODO DE PESQUISA

O presente trabalho pode ser classificado como uma pesquisa científica que investiga e pretende descobrir respostas para problemas que estão ligados, principalmente, a processos organizacionais. Assim, a metodologia que será apresentada na seqüência tem como base os trabalhos de Gil (1999), Bertrand e Fransoo (2002) e Silva e Menezes (2005).

As pesquisas científicas podem ser classificadas de várias formas, conforme apresentado na Figura 1.



Fonte: Baseado em Bertrand e Fransoo (2002) e Silva e Menezes (2005).

Figura 1 Formas de classificação das pesquisas científicas

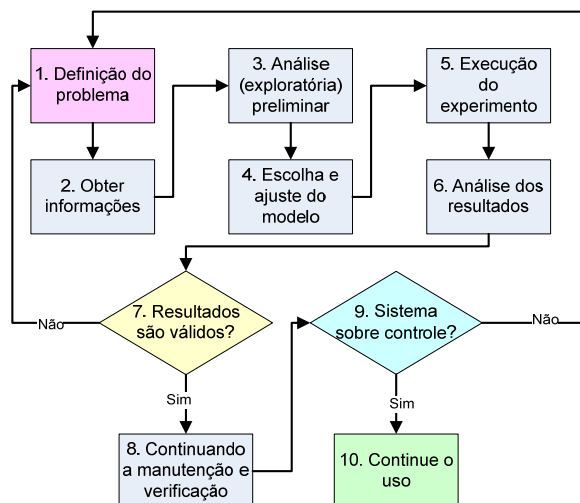
Com base nas formas de classificação propostas na Figura 1, este estudo pode ser classificado como:

- pesquisa aplicada quanto à natureza – gera conhecimentos para aplicação prática, direcionados à solução de problemas específicos;
- pesquisa normativa e descritiva quanto aos objetivos – pois visa desenvolver políticas, estratégias e ações para melhorar os resultados disponíveis em uma literatura existente, encontrar uma solução ótima para um problema definido novamente ou comparar várias estratégias direcionadas a um problema específico. Além disso, o trabalho se propõe a analisar um modelo que leva à compreensão e explicação de suas características;
- pesquisa quantitativa quanto à forma de abordar o problema – porque considera que tudo pode ser quantificável e requer o uso de recursos e técnicas estatísticas; e
- modelagem e simulação quanto aos procedimentos técnicos – por se tratar de modelos baseados em um conjunto de variáveis que variam ao longo de um domínio (setor) específico, tendo as relações quantitativas e causais entre as variáveis sido previamente definidas.

O trabalho de Mitroff *et al.* (1974), sugere que, para se realizar pesquisas quantitativas, deve-se seguir os seguintes passos:

- conceitualização: em que se faz uma descrição das características do processo operacional ou do problema que se está estudando, criando, portanto, um modelo conceitual;
- modelagem: nessa fase, transforma-se o modelo conceitual em modelo científico, que pode ser apresentado de forma matemática ou formal;
- solução: a partir do modelo científico, procura-se resolver o problema;
- validação: checa-se se a solução obtida é efetiva, comparando-se o modelo científico com a situação de problema real;
- implementação: se o modelo científico for validado, ele é implementado para solucionar os problemas da vida real.

Complementando o trabalho de Mitroff *et al.* (1974), utilizou-se também o método científico de previsão apresentado por DeLurgio (1998), que é ilustrado no esquema da Figura 2.



Fonte: DeLurgio (1998)

Figura 2 Método científico de previsão

3. O AGRONEGÓCIO DA CARNE BOVINA

De acordo Agroanalysis (2006), dentre os produtos que mais contribuíram para o crescimento das exportações, as carnes ficaram em terceiro lugar (31%), atrás apenas do açúcar e álcool (49%) e do café (42%). E, dentre os produtos cárneos de maior participação, é importante destacar que as exportações de carne bovina *in natura* cresceram 23,20% de 2004 para 2005 (saltando de US\$ 1,9 bilhão para US\$ 2,4 bilhões).

Mas apesar dos avanços que a pecuária de corte vem passando ao longo dos anos, muitas mudanças tecnológicas não ocorrem com a mesma velocidade em todas as regiões do Brasil, ou até mesmo nas microrregiões de cada estado. Esse fato faz com que coexistam no país dois subsistemas diferentes. Um chamado tradicional, que é caracterizado principalmente pela baixa taxa de desfrute, sistema de criação extensivo, predomínio da pastagem como principal fonte de alimento e controle sanitário deficiente. O outro, chamado melhorado, tem como características alta taxa de desfrute, sistema de criação intensivo, suplementação alimentar e rigoroso controle sanitário (IEL, CNA e SEBRAE, 2000).

Dentre as características mencionadas o que se deve destacar é que a produção de carne bovina está diretamente condicionada a dependência de pastagens de qualidade e, conseqüentemente, do clima, pois, em todas as fases, elas são as principais fontes de alimento. E por fim à eficiência reprodutiva e à velocidade de crescimento dos animais, o que influencia diretamente o ciclo de preços da cadeia da carne.

Outro aspecto que se deve chamar a atenção é que o setor produtivo não é capaz de fixar o preço do seu próprio produto, nem mesmo quando a rentabilidade do negócio é pior do que a desejada. Pelo contrário, quem impõe o preço ao produtor é a indústria frigorífica, o setor de distribuição e o consumidor final.

Para tal situação há duas explicações. A primeira é que, pelo fato dos produtores estarem espalhados pela ampla área geográfica do Brasil, infelizmente, eles não conseguem criar

uma instituição forte que seja capaz representar e garantir os anseios de todos os produtores. A segunda é complemento da primeira. Pois, se o setor produtivo não consegue se organizar, seus integrantes começam a competir entre si. Com isso, o lado da demanda, que tem características oligopsônicas, exerce sua força comercial e consegue obter vantagens em detrimento do setor produtivo (Medeiros, 2006).

Como se não bastasse o setor produtivo ainda está sujeito a uma série de riscos. Segundo Harwood *et al.* (1999), os riscos de maior importância são os produtivos e os ligados ao preço. Na pecuária de corte, o risco produtivo pode variar regionalmente, dependendo do tipo de solo, do clima e de outras variáveis como as sanitárias. Por outro lado, o risco do preço de uma *commodity* depende de outros fatores, como os níveis de estoque e a demanda do produto.

Apesar da evolução do mercado de boi gordo, a ocorrência de flutuações de preços, as quais os pecuaristas nem sempre estão em condições de analisar, conduz a tomadas de decisões equivocadas quanto ao momento de se realizar a venda de seu produto. Mesmo não tendo um processo de gestão eficiente, os produtores se orientam por uma série de fatores na hora de vender seus animais, dos quais se destacam (De Zen, 1993):

- as relações de troca entre boi gordo e boi magro e entre boi gordo e bezerros;
- a cotação dos animais em dólar;
- o prazo de pagamento;
- as taxas de juros reais praticada no mercado;
- as relações entre boi gordo e os bens duráveis;e
- a utilização da nota promissória rural e outros.

Claro que, além desses fatores, inúmeros outros podem ser utilizados pelos produtores para definir o momento de vender os animais. Para BM&F (1998), representante dos agentes do mercado, existe uma série de fatores que exercem influência sobre o preço de *commodities* agropecuárias, dentre eles destacam-se: a inflação, o nível de preço de *commodities* substitutas, as mudanças na taxa de câmbio e o nível de oferta do produto em questão.

No item a seguir faz-se uma rápida revisão sobre a análise de a modelagem ARIMA, como modelo para realizar previsões.

4. MODELO AUTO-REGRESSIVO INTEGRADO DE MÉDIA MÓVEL: ARIMA

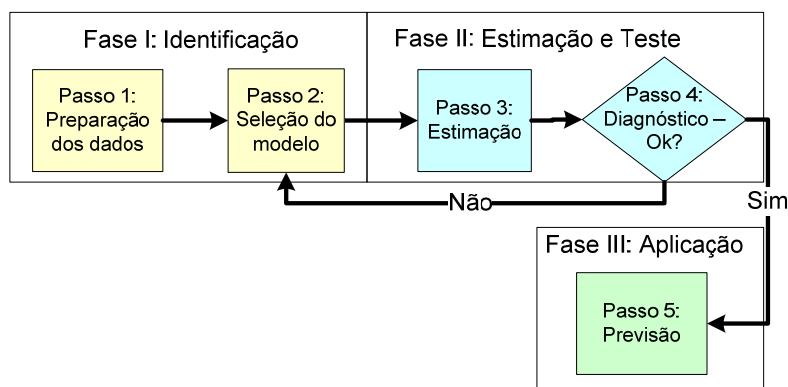
De acordo com DeLurgio (1998) e Makridakis *et al* (1998), nenhum outro modelo de previsão univariável tem sido tão amplamente discutido quanto a construção dos modelos ARIMA. O propósito da análise ARIMA é encontrar um modelo que represente precisamente os padrões passados e futuros das séries temporais. Assim, os modelos ARIMA são compreendidos em:

- modelo auto-regressivo de ordem p – $AR(p)$: usado quando há autocorrelações entre as observações, ou seja, de acordo com Gujarati (2000), o processo auto-regressivo é usado quando o valor de uma variável Y no período t depende de seu valor no período anterior $(t-1)$ e de um termo aleatório;
- modelo de média móvel de ordem q – $MA(q)$: usado quando há autocorrelação entre os resíduos. Ou seja, há uma relação de dependência entre o conjunto de erros em períodos passados (DeLURGIO, 1998);
- modelo auto-regressivo de média móvel – $ARMA(p,q)$: usado quando há autocorrelação entre as observações e autocorrelação entre os resíduos;

- modelo auto-regressivo integrado de média móvel – *ARIMA* (p,d,q): usado em séries não estacionárias.

O modelo *ARIMA*, portanto, é um caso geral dos modelos propostos por Box e Jenkins (1976), que é apropriado para descrever séries não estacionárias. Ou seja, séries em que a média não é constante no período de análise, nas quais os parâmetros quase sempre são pequenos, apresentando tendência e ou sazonalidade.

A construção desse modelo baseia-se em uma metodologia empírica que, segundo Makridakis *et al.* (1998), pode ser dividida em três fases e composta por cinco passos básicos, como apresentado no esquema da Figura 3.



Fonte: Baseado em Makridakis *et al.* (1998) e DeLurgio (1998)

Figura 3 Representação esquemática da metodologia *ARIMA* para modelagem de séries temporais

Box e Jenkins (1976) formalizaram a teoria da utilização de componentes auto-regressivos e de médias móveis na modelagem de séries temporais utilizando-se de duas idéias básicas na criação de sua metodologia de construção de modelos: a) parcimônia (utilização do menor número possível de parâmetros para se obter uma representação adequada do fenômeno em estudo); b) interatividade (a informação empírica é analisada teoricamente e o resultado deste estágio é confrontado com a prática sucessivas vezes, até que o modelo obtido seja satisfatório).

O objetivo da Fase I, chamada de Identificação, é tornar os dados da série estacionários, pois esta característica é preponderante para que se possa modelar o processo *ARIMA*. Para que isso seja possível, esta fase está dividida nos seguintes passos:

- passo 1: preparação dos dados – para atingir a estacionariedade dos dados, Makridakis *et al.* (1998) e DeLurgio (1998) sugerem a utilização dos seguintes procedimentos: a) projeção dos dados da série em gráficos, para verificar a existência de algum padrão; b) se necessário, fazer ajustes (como, por exemplo, a deflação) e ou transformações matemáticas nos dados da série (como, por exemplo, a logaritmização), estabilizando, assim, a variância; c) usar a Função de Autocorrelação (ACF) e a Função Parcial de Autocorrelação (PACF), que são as principais ferramentas de identificação e diagnóstico da análise *ARIMA*, para verificar a existência de algum padrão nos dados da série; d) usar a diferenciação dos dados para obter estacionariedade;
- passo 2: seleção do modelo – os dados e seus respectivos ACF e PACF são examinados para identificar modelos potenciais. Também é recomendável a utilização de *softwares* especialistas para facilitar a seleção do modelo mais adequado.

É na fase II (estimação e teste) que os coeficientes (p,d,q) do modelo ARIMA são determinados e testados quanto à estacionariedade. Para isso, esta fase também é dividida em dois passos, como segue:

- passo 3: estimação – todas as estatísticas dos coeficientes são geradas, tais como: a) erro padrão para cada coeficiente, b) estatísticas dos dados, c) testes de significâncias e d) variância dos resíduos;
- passo 4: diagnóstico – utilizando-se os coeficientes e as estatísticas geradas no passo anterior, analisa-se a validade do modelo e, até mesmo, a possibilidade de melhoria deste. Para isso, os seguintes aspectos devem ser considerados: a) significância estatística dos coeficientes, b) análise da ACF e da PACF, para verificar se há alguma orientação de modelos puramente AR ou MA, c) verificar se poderia ter mais de um modelo plausível e determinar qual deles possui menor soma dos erros quadrados (o que será escolhido) e d) análise dos resíduos, para se ter certeza de que não há mais nenhum padrão a ser considerado. Caso o diagnóstico do modelo não seja adequado, deve-se voltar ao Passo 2.

É na fase de aplicação (Fase III) que se realizam previsões usando o modelo resultante do passo 4. Essa fase é composta por um único passo (passo 5), que é a previsão propriamente dita. Entretanto, na maioria das vezes, a previsão é feita por pacotes computacionais, devido à dificuldade de realizar essa operação manualmente. Vale lembrar que a previsão pode não ser tão precisa quanto o intervalo de predição sugere, pois, a modelagem matemática pode ser muito complexa para permitir que uma incerteza adicional seja incluída no modelo.

Além da estrutura básica dos dados que são analisadas pelo modelo ARIMA apresentado, Box *et al.* (1994) comentam que as séries temporais, em muitos casos, apresentam padrões periódicos de comportamento, ou seja, características que se repetem a cada s período de tempo (sendo $s > 1$). Um dos casos mais comuns de dados periódicos é a série sazonal. As séries temporais sazonais exibem intervalos de tempo de 1 mês e períodos sazonais de 12 meses. Ao passo que, quando o período sazonal é de 4 meses, os dados em análise são trimestrais, e assim sucessivamente.

Assim, quando uma série temporal apresenta um comportamento periódico, é necessário acrescentar uma componente sazonal ao modelo ARIMA, que passa a ser representado por SARIMA (Modelo Sazonal Auto-Regressivo Integrado de Média Móvel). Mas, apesar da adição desse componente sazonal, a metodologia empregada na construção do modelo é a mesma.

5. DISCUSSÃO E RESULTADOS

As análises dos resultados do modelo ARIMA são descritas nos subitens abaixo e seguem os passos descritos na Figura 3.

Identificação

Como descrito no trabalho de Medeiros (2006), o preço da arroba de boi gordo depende muito mais do próprio preço em períodos anteriores do que do preço de outras variáveis. Na encontra-se o gráfico da série de preços recebidos pela arroba de boi gordo, pelos produtores rurais, no período de janeiro de 1995 a junho de 2005.

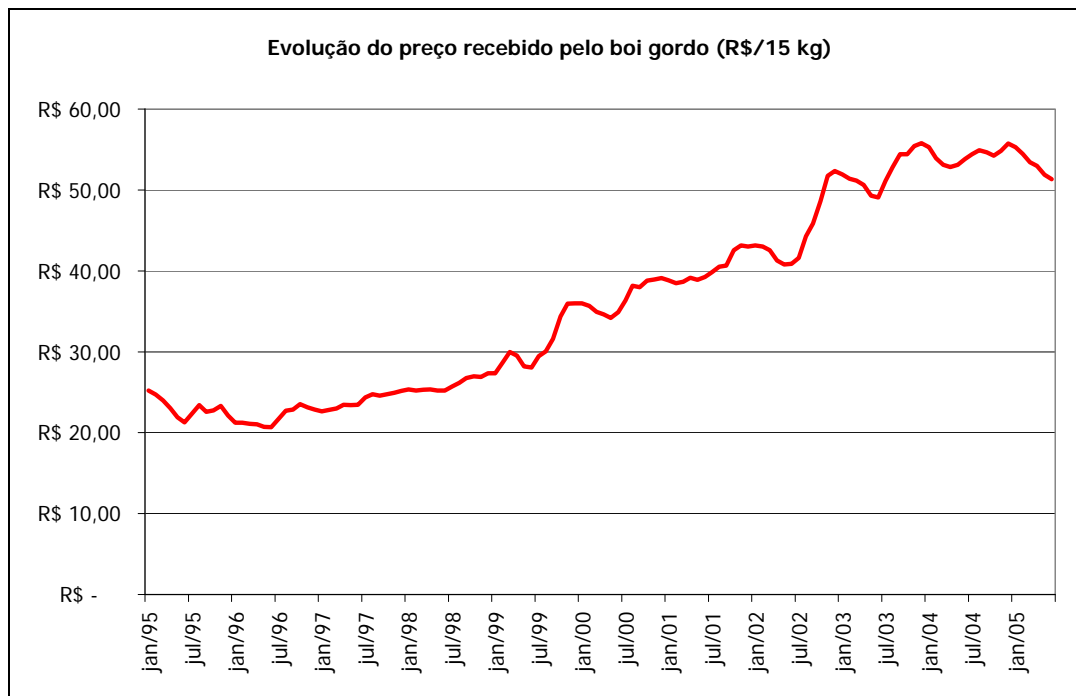


Figura 4 Evolução do preço recebido pelos produtores pela arroba de boi gordo, de janeiro de 1995 a junho de 2005

Como apresentado no gráfico da Figura 4, a série apresenta suaves crescimentos e decréscimos ao longo do período. Este comportamento da série mostra que ela não é estacionária. Essa afirmação pode ser explicada pelas oscilações nos valores projetados, adicionado a uma aparente tendência na elevação dos preços. Além desses fatos, nota-se que os valores médios da série mudam ao longo do tempo (iniciando com R\$ 25,22 e terminando com R\$ 51,35). Outro ponto que merece destaque é a variância dos valores. Percebe-se que a série de preço não possui uma variância constante ao longo do tempo.

Como o primeiro passo é fazer com que a série torne-se estacionária, os preços recebidos pelos produtores pela arroba de boi gordo passaram por um ajuste e uma transformação matemática, conforme proposto por Makridakis *et al.* (1998).

Assim, os preços recebidos pela arroba de boi gordo foram deflacionados utilizando-se o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) mensal, de janeiro de 1995 a junho de 2005, da Fundação Getúlio Vargas, com base em agosto de 1994. Na seqüência, os preços também foram logaritmizados.

Com isso, um novo gráfico do preço recebido pela arroba de boi gordo foi gerado e é apresentado na Figura 5. Nesse gráfico percebe-se uma melhora na qualidade dos dados da série, justificada pela relativa estabilidade da média (oscilando, a maior parte do tempo, entre 1,20 e 1,30). Com relação à variância, os dados mostraram-se aparentemente mais estáveis após os procedimentos adotados, porém não como esperado. Este fato pode ser comprovado por meio da análise dos resíduos do preço apresentado na Figura 6.

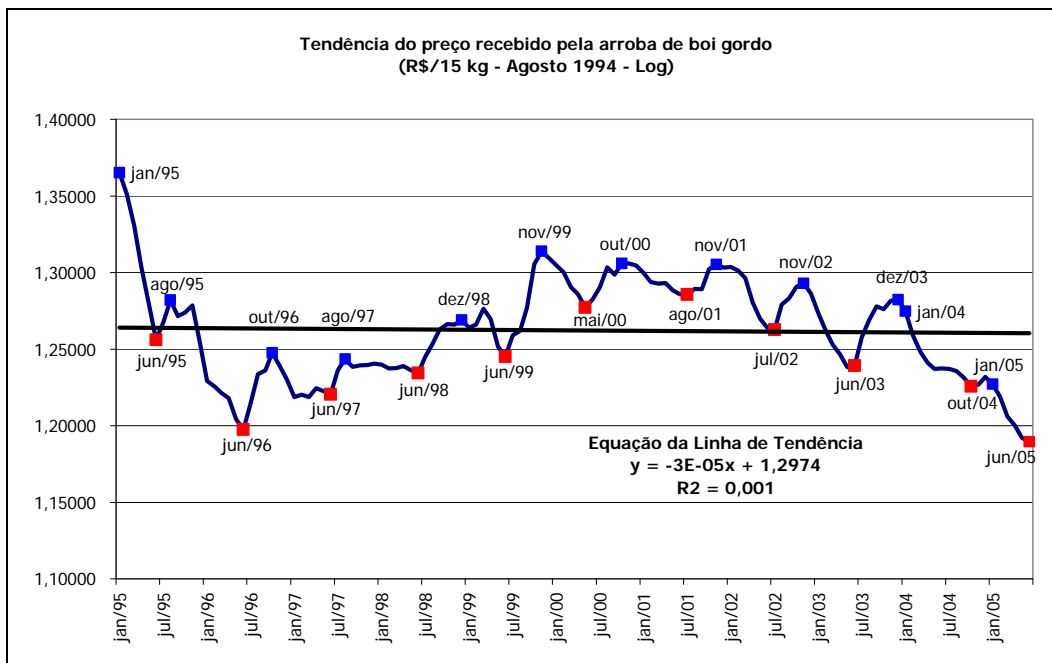


Figura 5 Evolução do preço recebido pelos produtores pela arroba de boi gordo, de janeiro de 1995 a junho de 2005, após a série ser deflacionada e logaritimizada

Por meio dos gráficos b) e c) da Figura 6, pode-se afirmar que os resíduos não são normalmente distribuídos, o que demonstra a existência de um padrão de comportamento dos dados. Outro ponto que chama muito a atenção, são os picos sazonais. Nos gráficos apresentados pela Figura 5 e Figura 6, os picos sazonais tornaram-se mais evidentes, reforçando as características propostas para a série (alta de preço nos meses de outubro e de baixa nos meses de maio, conforme descrito no item 2.4.2).

Nas Figura 7 e Figura 8 encontram-se, respectivamente, o ACF e o PACF do preço recebido pela arroba de boi gordo, considerando a série ajustada e transformada matematicamente.

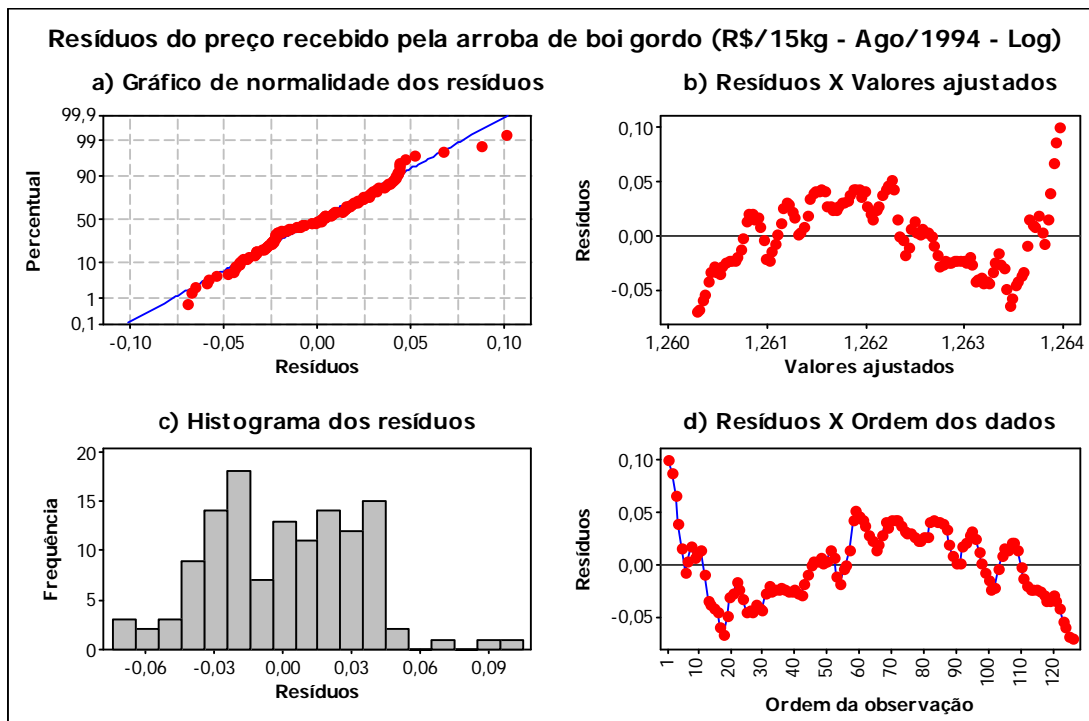


Figura 6 Gráficos dos resíduos do preço recebido pela arroba de boi gordo, de janeiro de 1995 a junho de 2005, após a série ser deflacionada e logaritimizada

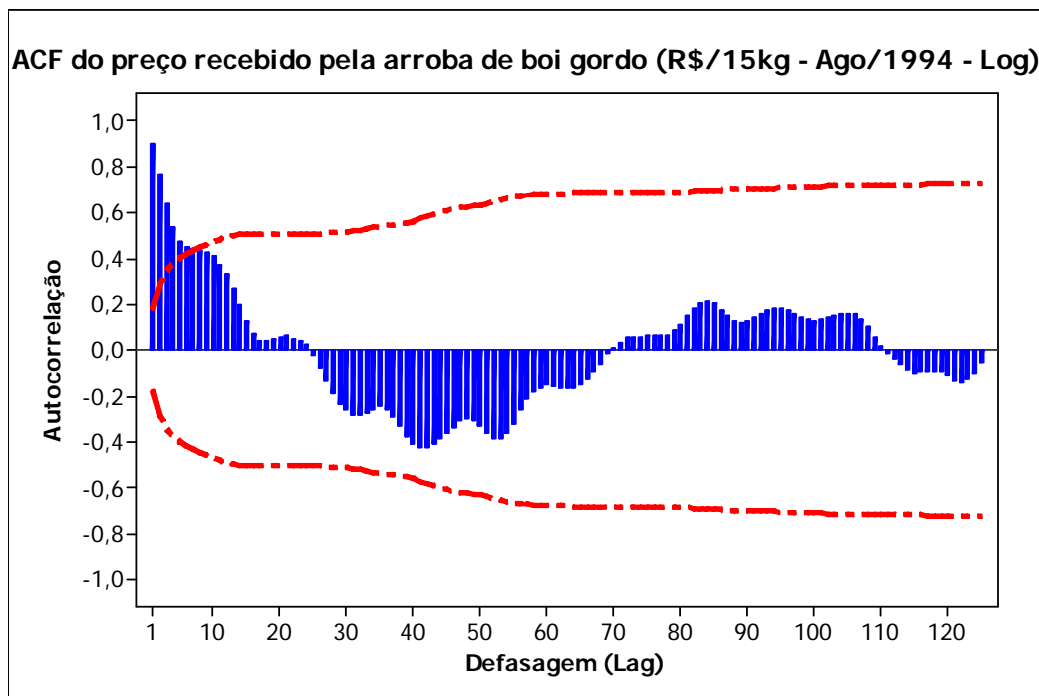


Figura 7 ACF do preço recebido pelos produtores pela arroba de boi gordo, de janeiro de 1995 a junho de 2005

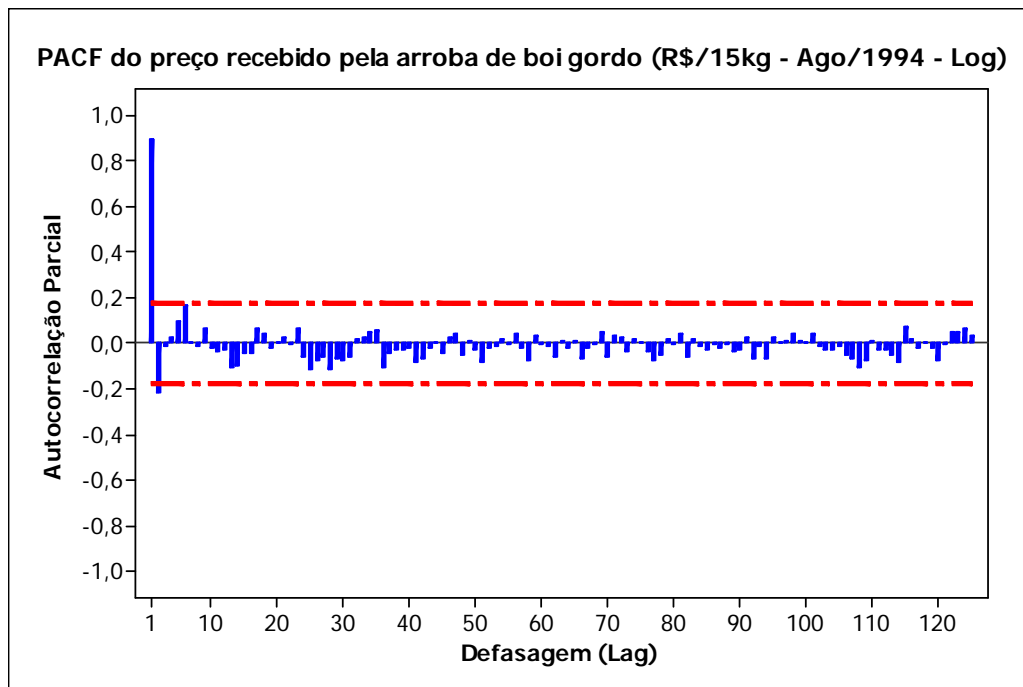


Figura 8 PACF do preço recebido pelos produtores pela arroba de boi gordo, de janeiro de 1995 a junho de 2005

Analisando-se o gráfico da Figura 7, nota-se que o ACF da série apresenta um valor muito elevado na defasagem 1, com queda exponencial nas demais defasagens, confirmando a não estacionariedade da série de preço. Esta constatação é reforçada pela análise da Figura 8, na qual o PACF das defasagens 1 e 2 apresenta picos significativamente diferentes de zero, com valor positivo na defasagem 1 e negativo na 2. Além disso, tanto o ACF quanto o PACF confirmam a presença de um padrão sazonal. DeLurgio (1998) comenta, em seu trabalho, que os padrões sazonais são variados e de análise complexa. Além disso, ainda há a possibilidade de combinação de modelos sazonais. Diante disso, percebe-se que análise do preço recebido pela arroba de boi gordo é complexa, apresentando possíveis combinações de padrões sazonais, o que dificulta, e muito, a identificação dos parâmetros corretos a serem usados no modelo ARIMA.

Segundo DeLurgio (1998) e Makridakis *et al.* (1998), os responsáveis pela previsão necessitam de muita perspicácia e conhecimento para definir, com precisão, os parâmetros a serem usados no modelo. Assim, como forma de minimizar tal dificuldade, o *software ForecastPRO XE* foi utilizado como apoio na definição dos parâmetros a serem usados no modelo. Por se tratar de um *software* “especialista”, ele identifica os parâmetros mais adequados a serem usados no modelo ARIMA, a partir da aplicação do método dos mínimos quadrados, nos dados em análise. O modelo ARIMA gerado, com seus respectivos parâmetros, é apresentado no próximo subitem.

Estimação

Pelo fato dos preços recebidos pela arroba de boi gordo não serem estacionários, o modelo gerado pelo ForecastPRO XE tem a notação que é apresentada na Equação (1).

$$ARIMA (1,1,0) * (2,0,1) \quad (1)$$

Essa notação indica que, para tornar a série de preços recebidos pela arroba de boi gordo estacionária, é necessária uma diferenciação de primeira ordem e a multiplicação de uma auto-regressão não sazonal a duas auto-regressões sazonais (referente à defasagem 12 e 24) e uma média móvel de erro sazonal (referente à defasagem 12).

Apesar do *software* ForecastPRO XE ser especialista e gerar, inclusive, os coeficientes dos parâmetros apresentados na Equação (1), na análise também foi utilizado o *software* MINITAB versão 14.1. Esse procedimento foi adotado porque os *softwares* se complementam, gerando algumas estatísticas que permitem uma análise mais aprofundada do modelo. Com isso, obteve-se um aumentando qualitativo considerável nas análises realizadas.

A partir dos relatórios emitidos pelos dois *softwares* utilizados, foi possível montar a Tabela 1, que mostra as estatísticas e o ajuste do modelo da Equação (1).

1. DADOS DA AMOSTRA	
Tamanho da amostra	126
Número de diferenciação regular	1
Observações utilizadas	125
Graus de liberdade	121
2. ESTATÍSTICAS DA AMOSTRA	
Média	1,262
Desvio padrão	0,033070
3. AJUSTE DO MODELO	
R^2	0,9582
\bar{R}^2	0,9572

4. ESTATÍSTICAS DE ERRO	
Erro de previsão	0,006841
MAD – Desvio médio absoluto	0,005265
MAPE – Percentual de erro médio absoluto	0,004167
RMSE – Erro padrão residual médio	0,006732
5. ANÁLISE DOS RESÍDUOS	
BIC	0,007269
Soma dos quadrados dos resíduos	0,005898
MSE – Erro médio quadrado	0,000047
Estatística de Durbin-Watson (<i>DW</i>)	1,979
Estatística <i>Q</i> (18) – Ljung-Box	21,58
Nível de significância de <i>Q</i>	0,748900

6. ANÁLISE DO MODELO ARIMA				
Parâmetros	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística <i>t</i>	<i>P-value</i>
AR 1	0,4086	0,0834	4,90	0,000
SAR 12	1,1576	0,1289	8,98	0,000
SAR 24	-1,1719	0,1193	-1,44	0,152
SMA 12	0,8840	0,0991	8,92	0,000

Tabela 1 Estatísticas do ajuste do modelo ARIMA (1,1,0)*(2,0,1), referentes ao preço recebido pela arroba de boi gordo, de janeiro de 1995 a junho de 2005

Assim, a primeira diferenciação, a auto-regressão não sazonal, as duas auto-regressões sazonais e a média móvel sazonal são estimadas conforme apresentado na Equação (2).

$$(1 - \phi_1 B)(1 - \Phi_1 B^{12} - \Phi_2 B^{24})(1 - B)Y_t = (1 - \Theta_1 B^{12})e_t$$

onde:

$$BY_t = Y_{t-1}$$

$$B^{12}Y_t = Y_{t-12}$$

$$B^{24}Y_t = Y_{t-24} \quad (2)$$

$$B^{12}e_t = e_{t-12}$$

ϕ_1 = parâmetro auto-regressivo não sazonal de primeira ordem

Φ_1 = parâmetro auto-regressivo sazonal de primeira ordem

Φ_2 = parâmetro auto-regressivo sazonal de segunda ordem

Θ_1 = parâmetro de média móvel sazonal de primeira ordem

Segundo DeLurgio (1998), a maioria dos *softwares* utilizados para calcular esses coeficientes usa métodos de estimação não linear dos coeficientes, com busca interativa para os que minimizam o erro quadrado. Assim, pelo fato desse algoritmo de busca testar diferentes valores para os coeficientes antes de encontrar o resultado ótimo, estes testes são chamados de **interação**.

Desenvolvendo a Equação (2), obteve-se a Equação (3).

$$\text{Passo 1. } (1 - \phi_1 B) \times (1 - \Phi_1 B^{12} - \Phi_2 B^{24}) \times (1 - B)Y_t = (1 - \Theta_1 B^{12})e_t$$

$$\text{Passo 2. } (1 - \Phi_1 B^{12} - \Phi_2 B^{24} - \phi_1 B + \phi_1 \Phi_1 B^{13} + \phi_1 \Phi_2 B^{25}) \times (1 - B)Y_t = (1 - \Theta_1 B^{12})e_t$$

$$\text{Passo 3. } (1 - \Phi_1 B^{12} - \Phi_2 B^{24} - \phi_1 B + \phi_1 \Phi_1 B^{13} + \phi_1 \Phi_2 B^{25} - B + \Phi_1 B^{13} + \dots \\ \dots + \Phi_2 B^{25} + \phi_1 B^2 - \phi_1 \Phi_1 B^{14} - \phi_1 \Phi_2 B^{26})Y_t = (1 - \Theta_1 B^{12})e_t$$

$$Y_t = Y_{t-1} + \phi_1 Y_{t-1} - \phi_1 Y_{t-2} + \Phi_1 Y_{t-12} - \Phi_1 Y_{t-13} - \phi_1 \Phi_1 Y_{t-13} + \phi_1 \Phi_1 Y_{t-14} + \dots \\ \dots + \Phi_2 Y_{t-24} - \Phi_2 Y_{t-25} - \phi_1 \Phi_2 Y_{t-25} + \phi_1 \Phi_2 Y_{t-26} - \Theta_1 e_{t-12} + e_t \quad (3)$$

Após a estimação dos coeficientes da Equação (3), obteve-se a Equação (4).

$$Y_t = 1,1576Y_{t-12} - 1,1719Y_{t-24} + Y_{t-1} - 1,1576Y_{t-13} + 1,1719Y_{t-25} + \dots \\ \dots + 0,4086Y_{t-1} - 0,473Y_{t-13} + 0,4788Y_{t-25} - 0,4086Y_{t-2} + \dots \\ \dots + 0,473Y_{t-14} - 0,4788Y_{t-26} - 0,8840(Y_{t-12} - \hat{Y}_{t-12}) + e_t \quad (4)$$

No subitem seguinte faz-se uma análise mais aprofundada das estatísticas da Tabela 1.

Diagnóstico

Nesta etapa, foram avaliados as estatísticas, os ajustes e os coeficientes encontrados a partir do modelo ARIMA proposto na Equação (1).

Como mostrado na Tabela 1, a série analisada possui média de 1,262, com desvio padrão de 0,033. Essas estatísticas referem-se aos valores logaritimizados. Segundo DeLurgio (1998), o comportamento de uma série de logaritmo é passar por mudanças percentuais ao longo do tempo. Assim, fazendo-se a conversão dessas estatísticas para valores monetários, a média é de R\$ 18,28 e o desvio padrão é de R\$ 0,079.

O R^2 e o \bar{R}^2 apresentados na Tabela 1 são, respectivamente, 0,9582 e 0,9572. Como se pode perceber, as duas estatísticas apresentam valores elevados, indicando um modelo acurado. Ou seja, 95,72% da variação do preço recebido pela arroba de boi gordo são explicados pelo modelo ARIMA descrito pela Equação (1). Entretanto, esse resultado é preciso apenas para os dados logaritimizados e não para os dados originais. Portanto, é preferível analisar as estatísticas de erro como medidas percentuais.

Analisando-se as estatísticas de erro, percebe-se que, para os dados logaritimizados, elas são muito pequenas. Contudo, quando essas estatísticas são transformadas para os dados originais, elas perdem um pouco o desempenho, como mostrado na Tabela 2.

Erro de previsão	0,015877
MAD – Desvio médio absoluto	0,012197
MAPE – Percentual de erro médio absoluto	0,009641
RMSE – Erro padrão residual médio	0,015622

Tabela 2 Estatísticas de erro para os valores originais

Um RMSE de 0,015622 significa que o erro tem uma variância de 1,5622% em relação ao valor original, que não é estacionário. Considerando um intervalo de predição de 95,45% (ou seja, dois desvios padrões), o percentual de erro passa a ser de 3,1324%, para mais ou para menos, o que, de certa forma, pode ser considerado razoável.

Na Tabela 1 encontra-se também a análise dos resíduos. Tanto a soma dos quadrados dos resíduos quanto o erro médio quadrado dos resíduos apresentam valores pequenos. O que mostra que o modelo ARIMA proposto é consistente. Essa afirmação é reforçada pela análise da estatística de DW , que é significativamente próxima de 2 (1,979) e pela estatística Q , que apresenta nível de significância de 74,89%. Essas características permitem afirmar, ainda, que o modelo possui ruído branco.

O passo seguinte foi analisar os coeficientes dos parâmetros do modelo ARIMA proposto. Pela Tabela 1 pode-se notar que todos os coeficientes mostram-se significativos, com estatística t acima de 2 e P -value muito próximo a zero. Tal característica só não é verdadeira para o parâmetro SAR 24, no qual a estatística t é -1,44 e o P -value é 0,152. Entretanto, essa característica, isoladamente, não invalida o modelo porque todos os demais indicadores são bons, resultando em um conjunto de dados com ruído brando e BIC muito pequeno.

Para finalmente confirmar se o modelo ARIMA é adequado ou não, analisaram-se o ACF e o PACF dos resíduos que são apresentados, respectivamente, nas Figura 9 e Figura 10. Além do ACF e do PACF dos resíduos, nos gráficos da Figura 11 encontram-se as projeções dos resíduos.

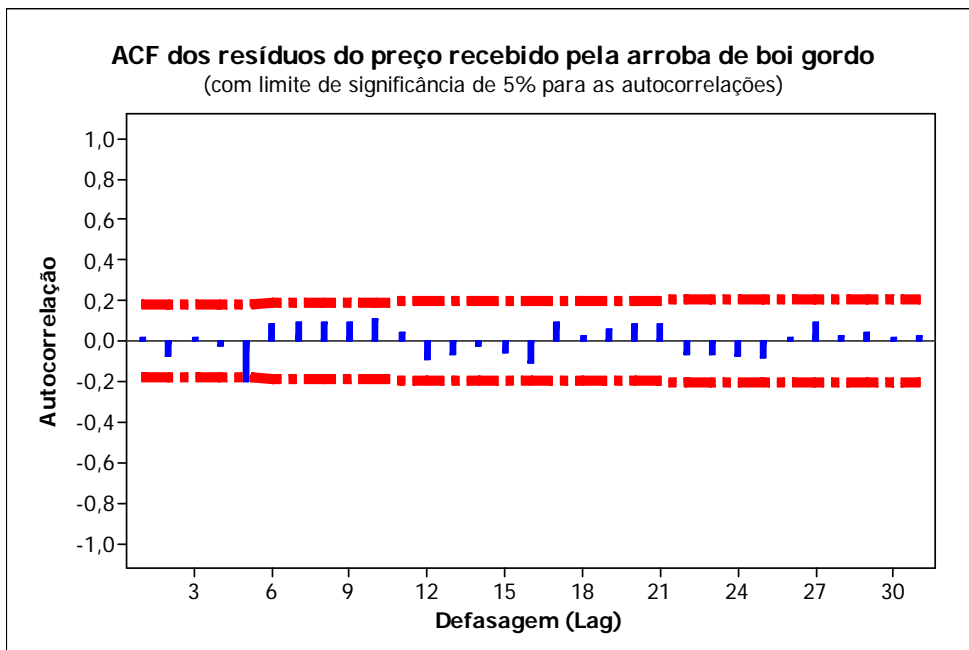


Figura 9 ACF dos resíduos do modelo ARIMA estimado para o preço recebido pela arroba de boi gordo

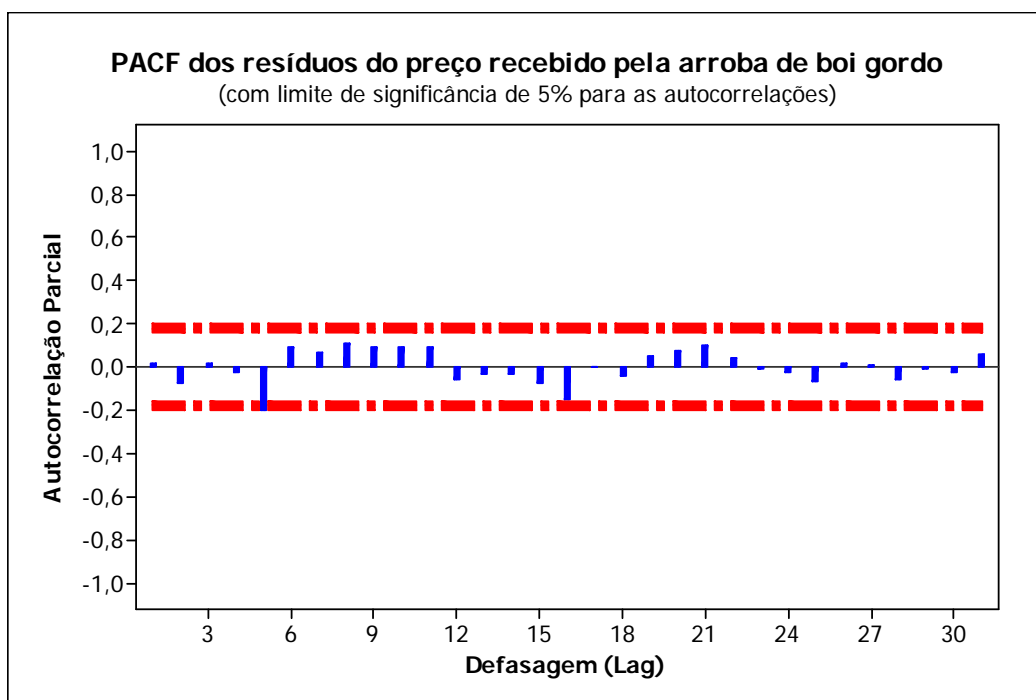


Figura 10 PACF dos resíduos do modelo ARIMA estimado para o preço recebido pela arroba de boi gordo

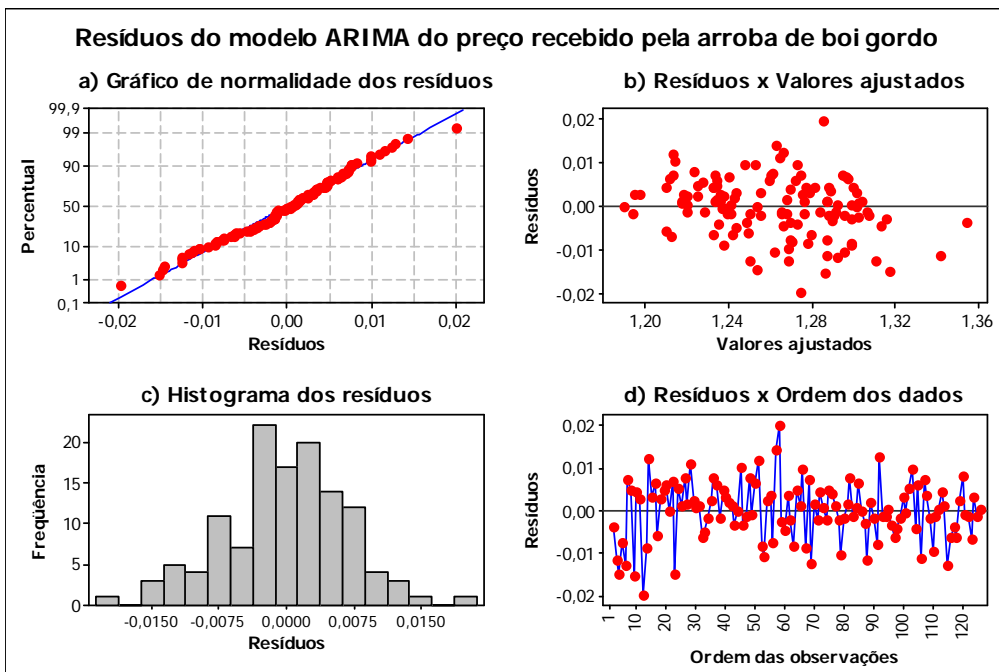


Figura 11 Gráficos dos resíduos do modelo ARIMA estimado para o preço recebido pela arroba de boi gordo

Os gráficos da Figura 11 sugerem que, no geral, os resíduos são normalmente distribuídos, o que confirma a inexistência de um padrão de comportamento dos dados. Por meio do gráfico a) da Figura 11 pode-se notar a presença de dois possíveis *outliers* que, inclusive, aparecem no PACF da Figura 10. No entanto, analisando-se o limite de significância do PACF, pode-se afirmar que esses valores estão em cima da linha e que ambos não representam a existência de qualquer padrão adicional.

Portanto, por meio dessas análises pode-se concluir que o modelo é preciso para essa série temporal, o que confirma sua utilização para se realizar previsões. As previsões realizadas a partir desse modelo são apresentadas no subitem seguinte.

Previsão

O modelo ARIMA apresentado por meio da Equação (5.6) mostrou-se adequado para ajustar os dados, conforme descrito no subitem anterior. Para realizar previsões, basta substituir os valores de Y_{t-n} conhecidos na Equação (5.7), que é apresentada logo abaixo.

$$\begin{aligned} \hat{Y}_t = & Y_{t-1} + 0,4086Y_{t-1} - 0,4086Y_{t-2} + 1,1576Y_{t-12} - 1,1576Y_{t-13} - \dots \\ & \dots - 0,473Y_{t-13} + 0,473Y_{t-14} - 1,1719Y_{t-24} + 0,4788Y_{t-25} + \dots \\ & \dots + 1,1719Y_{t-25} - 0,4788Y_{t-26} - 0,8840(Y_{t-12} - \hat{Y}_{t-12}) \end{aligned} \quad (5)$$

Pelo fato de se ter utilizado *softwares* especialistas, como comentado anteriormente, eles também geram os valores previstos e o intervalo de confiança da previsão com 95% de limite inferior e superior. Assim, os valores previstos e o respectivo intervalo de confiança são apresentados na Tabela 3.

Como a série do preço recebido pela arroba de boi gordo teve que ser deflacionada e logaritmizada para que o modelo atingisse estacionariedade, os valores previstos pelo *software*, com o respectivo intervalo de confiança, foram expressos na forma logaritmizada. Uma forma de verificar se o modelo teórico gerado revela um bom processo de previsão na prática é comparando-se os valores previstos com os realmente encontrados no mercado. Para que essa comparação fosse possível, adotou-se o inverso do processo de transformação e ajuste descrito, ou seja, os valores apresentados na Tabela 3 foram deslogaritmizados e inflacionados para o mês de junho de 2005, gerando a Tabela 4.

Mês	Valores Previstos	95% de limite	
		Superior	Inferior
jul/05	1,1962	1,2097	1,1827
ago/05	1,2022	1,2255	1,1789
set/05	1,2030	1,2345	1,1715
out/05	1,2055	1,2440	1,1669
nov/05	1,2073	1,2519	1,1626
dez/05	1,2061	1,2562	1,1561
jan/06	1,2001	1,2551	1,1450
fev/06	1,1936	1,2531	1,1340
mar/06	1,1865	1,2503	1,1228
abr/06	1,1809	1,2486	1,1132
mai/06	1,1736	1,2450	1,1021
jun/06	1,1709	1,2459	1,0959

Tabela 3 Valores previstos e intervalo de confiança apresentado pelo *software* MINITAB, de julho de 2005 a junho de 2006

Mês	Valores Previstos	95% de limite	
		Superior	Inferior
jul/05	R\$ 51,92	R\$ 53,56	R\$ 50,33
ago/05	R\$ 52,64	R\$ 55,54	R\$ 49,89
set/05	R\$ 52,74	R\$ 56,71	R\$ 49,05
out/05	R\$ 53,04	R\$ 57,96	R\$ 48,54
nov/05	R\$ 53,26	R\$ 59,03	R\$ 48,06
dez/05	R\$ 53,12	R\$ 59,62	R\$ 47,34
jan/06	R\$ 52,38	R\$ 59,46	R\$ 46,15
fev/06	R\$ 51,61	R\$ 59,19	R\$ 45,00
mar/06	R\$ 50,78	R\$ 58,80	R\$ 43,84
abr/06	R\$ 50,12	R\$ 58,58	R\$ 42,89
mai/06	R\$ 49,28	R\$ 58,10	R\$ 41,81
jun/06	R\$ 48,98	R\$ 58,21	R\$ 41,21

Tabela 4 Valores deslogaritmizados e inflacionados, referentes à Tabela 3, de julho de 2005 a junho de 2006

Os valores de mercado foram obtidos por meio do Indicador de Preço Disponível do Boi Gordo ESALQ/BM&F, para o estado de São Paulo e são apresentados na Tabela 5. Pelo fato desse indicador ter frequência diária, as datas dos respectivos meses apresentados na Tabela 5 foram escolhidas aleatoriamente.

Comparando-se os valores da Tabela 4 com os da Tabela 5, pode-se afirmar que todos os preços à vista do mercado, em suas respectivas datas de fechamento, encontraram-se

dentro do intervalo de confiança previsto pelo *software* (Tabela 4) nos meses correspondentes. Tal afirmação só não é verdadeira quando consideram-se os preços a prazo do mercado, cujos valores de fechamento são mais elevados, em média, R\$ 1,00. Uma característica que chamou a atenção é que, até mesmo os valores de mercado a partir do mês de outubro de 2005, encontram-se dentro do intervalo de confiança previsto pelo *software*. Característica interessante, pois, nesse mês, foram descobertos focos de febre aftosa na região centro-oeste do Brasil, provocando desregulamentação do mercado. Analisando-se especificamente o intervalo de confiança da previsão apresentado na Tabela 4, nota-se que ele aumenta de acordo com os meses. Ou seja, o intervalo de confiança em julho de 2005 vai de R\$ 50,33 a R\$ 53,56, ou seja, uma diferença de R\$ 3,22. Enquanto que em junho de 2006 a diferença entre o limite inferior e limite superior é de R\$ 17,00 (de R\$ 41,21 a R\$ 58,21). Tal fato é justificado pela transformação e pelo ajuste realizado nos dados para a obtenção da estacionariedade. Isso fez com que os efeitos da variação se tornassem aditivos ao longo do tempo.

Data	Preço à vista – R\$/arroba			Preço a prazo – R\$/arroba		
	Fechamento	Máximo	Mínimo	Fechamento	Máximo	Mínimo
12/07/2005	52,78	53,36	51,95	53,77	54,25	53,00
13/07/2005	52,65	53,33	51,82	53,78	54,25	53,00
14/07/2005	52,59	53,31	51,82	53,70	54,25	53,00
15/07/2005	52,55	53,31	51,77	53,62	54,25	53,00
15/08/2005	51,88	50,82	48,95	50,57	51,18	50,00
16/08/2005	51,78	50,85	48,86	50,73	51,18	50,00
17/08/2005	51,60	51,31	48,98	50,92	52,20	50,00
18/08/2005	51,19	50,90	49,88	51,26	52,20	51,00
20/09/2005	56,27	58,41	54,92	57,42	59,37	57,00
21/09/2005	56,18	57,32	54,76	57,41	58,34	57,00
22/09/2005	55,68	57,34	53,98	56,92	58,62	55,00
23/09/2005	55,42	57,40	52,85	56,62	58,34	55,00
17/10/2005	56,42	58,38	54,89	57,47	59,37	57,00
18/10/2005	56,27	58,41	54,92	57,42	59,37	57,00
19/10/2005	56,18	57,32	54,76	57,41	58,34	57,00
20/10/2005	55,68	57,34	53,98	56,92	58,62	55,00
21/10/2005	55,42	57,40	52,85	56,62	58,34	55,00
14/11/2005	58,03	59,43	56,89	59,37	60,39	58,00
16/11/2005	57,82	59,02	56,94	58,96	60,00	58,00
17/11/2005	57,33	58,32	56,18	58,42	59,37	58,00
18/11/2005	56,53	58,32	55,01	57,57	59,37	56,00

Tabela 5 Datas e indicadores de preço disponível do boi gordo ESALQ/BMF para o Estado de São Paulo, disponível em www.bmf.com.br

Para reafirmar a eficácia do modelo proposto, aplicou-se a Equação (5) diretamente aos dados da Figura 4 (dados sem o ajuste da inflação e sem transformação matemática). Ou seja, simplesmente substituíram-se os valores conhecidos de Y_{t-n} na Equação (5) e, quando eles não eram conhecidos, utilizaram-se os valores de Y_{t-n} previstos por ela. A partir da substituição dos dados na Equação (5), apresenta-se, na Tabela 6, a previsão do preço a ser recebido pelos produtores pela arroba de boi gordo, de junho de 2005 a maio de 2006.

Mês	Valores previstos
jul/05	R\$ 51,20
ago/05	R\$ 51,94
set/05	R\$ 52,12
out/05	R\$ 48,76
nov/05	R\$ 58,31
dez/05	R\$ 58,24
jan/06	R\$ 59,26
fev/06	R\$ 59,84
mar/06	R\$ 59,72
abr/06	R\$ 58,30
mai/06	R\$ 56,87
jun/06	R\$ 56,44

Tabela 6 Valores previstos a partir da substituição dos dados originais apresentados na Figura 4 direto na Equação (5)

Comparando-se os dados da Tabela 5 com os da Tabela 6, nota-se que os valores previstos são bem próximos dos efetivamente praticados no mercado. Como já se esperava, a exceção fica por conta dos valores referente às datas de outubro, confirmando a desregulamentação dos preços no mercado. Portanto, pode-se afirmar que a utilização do modelo de previsão proposto por meio da Equação (5.5) é efetivo, ajustando-se bem aos preços efetivamente cobrados/pagos no mercado.

6. CONCLUSÕES

O objetivo principal deste trabalho era, por meio de uma abordagem metodológica, usar a modelagem ARIMA na previsão do preço a ser recebido pela arroba de boi gordo.

O modelo apresentado pela Equação (5), sob o ponto de vista teórico, apresenta coeficientes estatisticamente significantes, com indicadores de erro pequenos e com boa explicação da variação dos dados originais. Sob o ponto de vista prático, ele revela um bom processo de previsão, produzindo resultados significativos e próximos aos valores de mercado.

O modelo ARIMA, além de realizar previsões, propôs uma equação matemática que pode ser utilizada para fazer previsões do preço da arroba de boi gordo. Além disso, se comparado com a complexidade da série do preço recebido pela arroba de boi gordo, a Equação (5) (que deve ser utilizada para realizar previsões) apresenta-se de forma relativamente simples. O único empecilho na sua utilização é o tamanho da série histórica de dados que, no caso, limita-se à quantidade mínima de 26 observações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROANALYSIS (2006). Novo recorde do agronegócio. **Agroanalysis**, n.1, v.26, p.26-27.
- BERTRAND, J. W. M., FRANSOO, J. C. (2002) Modelling and simulation. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22. n. 2. p. 241-264.
- BM&F (1998). Curso de futuros e opções. **Bolsa de Mercadorias e Futuros**. São Paulo. 258p.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G.M.; REINSEL, G. C. (1994) **Time series analysis: forecasting and control**. 3rd ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prince-Hall.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. (1976) **Time series analysis: forecasting and control**, 2nd ed. San Francisco: Holden-Day.
- CNA/CEPEA-USP (2005). Agroindústria cresce, mas agropecuária cai em 2004. **PIB do agronegócio CNA/CEPEA-USP**. Piracicaba: CEPEA/Esalq/USP. Disponível em: < <http://www.cepea.esalq.usp.br> >. Acessado em: 07 de julho de 2005.
- DE ZEN, S. (1993). Alguns aspectos do processo de formação de preços da pecuária de corte. **Preços Agrícolas**, v.86, 4-9 p., dez.
- DeLURGIO, S. A. (1998). **Forecasting principles and applications**. 1st Edition. Singapore: McGraw-Hill. 802p.
- FNP Consultoria e Comércio (2005). **Anualpec 2005**: Anuário da pecuária brasileira. São Paulo. Pecuária de corte.
- GIL, A. C. (1999) **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas.
- GUJARATI, D. N. (2000). **Econometria básica**. São Paulo: Makron Books. 846p.
- HARWOOD, J.; HEIFNER, R.; COBLE, K.; PERRY, J; SOMWARU, A. (1999) **Managing risk in farming: concepts, research, and analysis**. Washington: Economic Research Service, USDA. n.774. 125p.
- IEL; CNA; SEBRAE (2000). **Estudo sobre a eficiência econômica e competitiva da cadeia agroindustrial da pecuária de corte no Brasil**. Brasília: IEL. 414p.
- KASSOUF, A. L. (1988) **Previsão de preços na pecuária de corte do Estado de São Paulo**. Piracicaba. 102p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYDMAN R. J. (1998). **Forecasting methods and applications**. 3th edition. New Jersey: John Wiley & Sons. 642p.
- MEDEIROS, A. L. (2006). Regressão múltipla e modelo ARIMA na previsão do preço da arroba do boi gordo. Itajubá. 110p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.
- Mitroff, I. I.; Betz, F.; Pondy, L. R.; Sagasti, F. (1974) On managing science in the systems age: two schemas for the study of science as a whole systems phenomenon. **Interfaces**. v.4. n.3. pp.46-58.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. (2003) **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2ªed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos S.A. 463p.
- REIS, R.P.; MEDEIROS, A.L.; MONTEIRO, L.A. (2001) Custo de produção da atividade leiteira na região Sul de Minas Gerais. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v.3, n.2. p.45-54, jul./dez.
- SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. (2005) **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ªed. Florianópolis: UFSC. 138p.