

# A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 3

Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)



 **Atena**  
Editora

Ano 2018

Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)

# A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 3

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

Machado, Marcos William Kaspchak  
M149e A engenharia de produção na contemporaneidade 3 [recurso eletrônico] / Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (A Engenharia de Produção na Contemporaneidade; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-000-1

DOI 10.22533/at.ed.001180912

1. Engenharia econômica. 2. Engenharia de produção.  
3. Pesquisa operacional. I. Título.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*A Engenharia de Produção na Contemporaneidade*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume III apresenta, em seus 25 capítulos, os novos conhecimentos para a engenharia de produção nas áreas de engenharia econômica e pesquisa operacional na tomada de decisão.

As áreas temáticas de engenharia econômica e pesquisa operacional na tomada de decisão, tratam de temas relevantes para otimização dos recursos organizacionais. A constante mutação neste cenário torna necessária a inovação na forma de pensar e fazer gestão, planejar e controlar as organizações, para que estas tornem-se agentes de desenvolvimento técnico-científico, econômico e social.

Tanto as ferramentas da engenharia econômica, como os estudos da pesquisa operacional, auxiliam no processo de tomada de decisão, tornando-as mais assertivas e economicamente eficientes.

Este volume dedicado à aplicação da engenharia econômica e pesquisa operacional na tomada de decisão traz artigos que tratam de temas emergentes sobre a gestão de custos e informações econômicas, análise de viabilidade, gestão financeira e de desempenho, pesquisa operacional e aplicação de métodos multicritério na tomada de decisão.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos e inovações, e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

## SUMÁRIO

### APLICAÇÃO DA ENGENHARIA ECONÔMICA E PESQUISA OPERACIONAL NA TOMADA DE DECISÃO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | <b>1</b>  |
| GESTÃO DE CUSTOS DA PRODUÇÃO  |           |
| Ivisson de Souza Tasso  |           |
| Isabella Tamine Parra Miranda   |           |
| João Luiz Kovaleski   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.0011809121</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | <b>13</b> |
| A RELEVÂNCIA DA INFORMAÇÃO CONTÁBIL PARA A TOMADA DE DECISÃO NAS EMPRESAS DE FRANCISCO BELTRÃO.   |           |
| Andressa Bender   |           |
| Robson Faria Silva  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.0011809122</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....   | <b>24</b> |
| REDUÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO – ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO/CERTIFICAÇÃO DE SPIE (SERVIÇO PRÓPRIO DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS). |           |
| Cleiciano Berlano Miranda de Oliveira   |           |
| Leonardo Gomes Machado  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.0011809123</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....   | <b>36</b> |
| APLICAÇÃO DO CUSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE NA IDENTIFICAÇÃO DO MOMENTO ÓTIMO PARA A SUBSTITUIÇÃO DE UMA COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR                  |           |
| João Matheus Coimbra Stortte  |           |
| Márcio Jacometti  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.0011809124</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....   | <b>50</b> |
| ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM UMA PROPRIEDADE RURAL PRODUTORA DE CAFÉ NO INTERIOR DE MINAS GERAIS                         |           |
| Gabriela Vilas Boas Pini  |           |
| Priscila Nayara Gonçalves   |           |
| Gabriela Azevedo Motta  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.0011809125</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 6</b> .....   | <b>60</b> |
| AÇÕES ESTRATÉGICAS EM UMA IMPORTADORA DE ARTIGOS PARA ILUMINAÇÃO: UM ENFOQUE NA VARIAÇÃO CAMBIAL  |           |
| Guilherme Mendes Fernandes  |           |
| Eduardo Loewen  |           |
| Elisete Santos da Silva Zagheni   |           |
| Janaina Renata Garcia   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.0011809126</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 7</b> .....   | <b>71</b> |
| CALIBRAÇÃO DO PARÂMETRO DE SUAVIZAÇÃO DO FILTRO L1 PARA UMA POSSÍVEL  |           |

ESTRATÉGIA DE INVESTIMENTOS.

Maria Simone Alves da Silva  
Andrew de Jesus Freitas Silva  
Fernando Luiz Cyrino de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.0011809127**

**CAPÍTULO 8 ..... 82**

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FUTURO DO PREÇO DO CIMENTO PORTLAND CP IV

Bianca Reichert  
Adriano Mendonça Souza

**DOI 10.22533/at.ed.0011809128**

**CAPÍTULO 9 ..... 92**

PERFORMANCE ECONÔMICO-FINANCEIRA DO SETOR DE PAPEL E CELULOSE BRASILEIRO:  
TESTANDO A INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS VIA METODOLOGIA DE TODA  
E YAMAMOTO E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS.

Pedro de Moraes Rocha  
Vitória Gomes da Costa  
Yasmin Leão Sodré Soares  
Daiane Rodrigues dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.0011809129**

**CAPÍTULO 10 ..... 115**

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE AS EXPECTATIVAS MACROECONÔMICAS BRASILEIRAS  
DIVULGADAS NO RELATÓRIO FOCUS E OS ÍNDICES SETORIAIS DA B3

Stéfan Thomassen Andrade  
Mirela Castro Santos Camargos  
Marcos Antônio de Camargos

**DOI 10.22533/at.ed.00118091210**

**CAPÍTULO 11 ..... 133**

MAPEAMENTO DE FERRAMENTAS ORIUNDAS DA CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO QUE BUSQUEM  
AUTOMATIZAR, APOIAR OU MODELAR PROBLEMAS DAS ORGANIZAÇÕES NO SEGMENTO  
FINANCEIRO

Wagner Igarashi  
Deisy Cristina Corrêa Igarashi

**DOI 10.22533/at.ed.00118091211**

**CAPÍTULO 12 ..... 149**

MAPEAMENTO DO PERFIL DE NOVOS INVESTIDORES DO MERCADO DE VALORES MOBILIÁRIOS  
BRASILEIRO

Estevão Cristian da Silva Leite

**DOI 10.22533/at.ed.00118091212**

**CAPÍTULO 13 ..... 165**

APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA NA MAXIMIZAÇÃO DO LUCRO DE UMA  
EMPRESA DO SETOR DE BELEZA E ESTÉTICA

Weverton Silveira de Almeida  
Marilane Elias da Silva  
Nícolás Victor Martins dos Santos  
Lana Muriela Ribeiro  
Stella Jacyszyn Bachega

**DOI 10.22533/at.ed.00118091213**

|   |            |
|---|------------|
| <b>CAPÍTULO 14</b> .....  | <b>178</b> |
| UM ESTUDO COMPUTACIONAL DO PROBLEMA DE AGRUPAMENTO COM SOMA MÍNIMA DE DISTÂNCIAS  |            |
| Augusto Pizano Vieira Beltrão<br>José André de Moura Brito  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.00118091214</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 15</b> .....  | <b>190</b> |
| APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DINÂMICA NA ANÁLISE DO ESTOQUE DE UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA  |            |
| Everton Ortiz Rocha<br>Michell Eduardo Dallabrida   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.00118091215</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 16</b> .....  | <b>199</b> |
| PROBLEMA DE PORTFÓLIO DE MÉDIO PRAZO PARA UM GERADOR HIDROELÉTRICO  |            |
| Tiago Forti da Silva<br>Leonardo Nepomuceno   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.00118091216</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 17</b> .....  | <b>212</b> |
| ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO ERRO DE PREVISÃO DA TEMPERATURA SOBRE O ERRO DE PREVISÃO A CURTO PRAZO DA CARGA ELÉTRICA                  |            |
| Anna Cláudia Mancini da Silva Carneiro<br>Henrique Steinherz Hippert  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.00118091217</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 18</b> .....  | <b>222</b> |
| APLICAÇÃO DO MÉTODO HÍBRIDO ARIMA-RNA PARA A PREDIÇÃO DOS CUSTOS DE INTERNAÇÃO PELO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE NA CIDADE DE SÃO PAULO |            |
| Nayara Moreira Rosa<br>João Chang Junior<br>Cláudia Aparecida de Mattos   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.00118091218</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 19</b> .....  | <b>234</b> |
| APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS: MELHORIA DO ATENDIMENTO DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO MARIA APARECIDA PEDROSSIAN                       |            |
| Fernando Rocha Passos Júnior<br>Lilian Milena Ramos Carvalho  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.00118091219</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 20</b> .....  | <b>245</b> |
| A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP NA PRIORIZAÇÃO DE ORDENS DE SERVIÇO: O ESTUDO DE CASO NA PREFEITURA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA        |            |
| Nathan Nogueira Freitas<br>Marcos Vilarindo Paeslandim Rodrigues  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.00118091220</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 21</b> .....  | <b>259</b> |
| ANALYTIC HIERARCHY PROCESS COMO FERRAMENTA DE APOIO A SERVITIZAÇÃO E POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DE RESTAURANTES                   |            |
| Wellington Goncalves  |            |

Rodrigo Randow de Freitas  
Fernando Nascimento Zatta  
Keydson Quaresma Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.00118091221**

**CAPÍTULO 22 ..... 272**

UTILIZAÇÃO DO AMD NA ESCOLHA DE UM SISTEMA ERP VISANDO A EXPANSÃO DE UMA EMPRESA DO VAREJO PARA O ECOMMERCE

Ingrid Dantas Silva  
Marcos Santos  
Marcone Freitas Reis

**DOI 10.22533/at.ed.00118091222**

**CAPÍTULO 23 ..... 286**

REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE A ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO NA ÁREA DA SAÚDE

Deyse Gillyane Gomes Camilo  
Talita Dias Chagas Frazão  
Ricardo Pires de Souza  
Bruno Cesar Linhares  
Adeliane Marques Soares  
Amanda Gomes de Assis

**DOI 10.22533/at.ed.00118091223**

**CAPÍTULO 24 ..... 300**

ANÁLISE DO PROCESSO DE PREMIAÇÃO DAS ÁREAS INTEGRADAS DE SEGURANÇA NO RIO DE JANEIRO: UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO

Marcio Pereira Basilio  
Valdecy Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.00118091224**

**CAPÍTULO 25 ..... 321**

APLICAÇÃO DE MÉTODO MULTIPARAMÉTRICO COMO AUXÍLIO À AVALIAÇÃO DE NECESSIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

Marcelo Antunes Marciano  
Eliezer Knob de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.00118091225**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 329**



## ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FUTURO DO PREÇO DO CIMENTO PORTLAND CP IV

**Bianca Reichert**

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Santa Maria – RS

**Adriano Mendonça Souza**

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Estatística  
Santa Maria – RS

**RESUMO:** Este artigo tem como objetivo prever o preço de compra do cimento Portland CP IV para uma loja de materiais de construção, por meio dos modelos da classe geral ARIMA. A variável analisada foi coletada no período de julho de 2010 a março de 2016, compreendendo 69 observações mensais. Os melhores modelos ajustados foram ARIMA(4,1,0), ARIMA(0,1,4) e SARIMA(1,1,0)(1,0,0)<sub>4</sub>. O modelo sazonal foi selecionado para realizar as previsões, pois apresentou os melhores resultados para as estatísticas de ajustes com valores de AIC = 1,787113, BIC = 1,917672 e valor do erro percentual médio absoluto igual a 2,248914. Este estudo forneceu subsídios gerenciais importantes para empresa na qual a pesquisa foi desenvolvida e já se mostrou útil no gerenciamento de compras e do nível de estoques.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelos ARIMA, modelos SARIMA, cimento, previsão.

**RESUMO:** This paper aims to forecast the purchase price of Portland CP IV cement for a building supply store, using the ARIMA general models. The variable was collected from July 2010 to March 2016, resulting in 69 monthly observations. The best models were ARIMA (4,1,0), ARIMA (0,1,4) and SARIMA (1,1,0)(1,0,0)<sub>4</sub>. The seasonal model was selected to perform the predictions, because it showed the best results for the adjustment statistics with AIC = 1,787113, BIC = 1,917672 and mean absolute error percentage equal to 2,248914. This study provided important subsidies for the company manager and has already proved useful in the management of purchases and level of inventories.

**KEYWORDS:** ARIMA models, SARIMA models, cement, forecast.

### 1 | INTRODUÇÃO

O cimento Portland, um dos principais produtos utilizados na construção civil, foi criado em 1824 por um construtor inglês. Desde então, o cimento é utilizado em grande escala em construção de casas, prédios e pavimentações, especificamente na parte de elaboração da argamassa e concreto. Também é muito utilizado na fabricação de artefatos de cimento e de pré-moldados (ABCP, 2009).

Conforme o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, o cimento Portland origina-se a partir “de uma atividade integrada de exploração e beneficiamento de substâncias minerais (calcário e argila), sua transformação química em clínquer (cimento não pulverizado) e posterior moagem”. Em 2013, o Brasil ocupava a 5ª posição no ranking dos países que mais produziam cimento no mundo e foi responsável por uma produção de 70 mil toneladas no ano (CIMENTO.ORG, 2014).

Com isso, pode-se perceber que a produção e a comercialização do cimento Portland são relevantes para o desenvolvimento econômico do país, pois o cimento é um dos principais produtos utilizados no setor da construção civil. Este setor é um dos mais importantes para a economia brasileira, dado que em 2015 empregou 13,5% da força de trabalho do país (FIESP, 2015). A importância econômica do setor da construção civil também está relacionada à produção de materiais de construção e à comercialização e transporte dos mesmos.

Apesar da produção do cimento Portland não depender da importação de matéria prima, o seu preço pode sofrer variações ao longo do ano. Essas oscilações muitas vezes são influenciadas pela demanda ou até mesmo pelas variações climáticas do país, pois a sua matéria prima principal (calcário) precisa ter a umidade controlada (REICHERT; SOUZA, 2016).

Como o preço de compra do cimento oscila muito ao longo do ano, realizar o gerenciamento de estoques e o planejamento de compras torna-se uma tarefa difícil para os gestores. Essa dificuldade é conhecida principalmente em lojas de materiais de construção, pois o cimento é o principal produto do portfólio e gera um impacto considerável nos resultados financeiros da empresa. Portanto, há necessidade de desenvolver um método apropriado, a fim de determinar qual o momento mais oportuno de realizar a compra ou de manter o estoque do produto, levando-se em consideração as oscilações do preço, de forma que um maior retorno seja garantido para as lojas que o comercializam.

Considerando-se que existem muitas covariáveis que influenciam no preço final de compra do produto, busca-se responder o seguinte questionamento: os modelos econométricos são capazes de representar o comportamento futuro do preço de compra do cimento Portland CP IV?

O objetivo desta pesquisa é identificar qual é o melhor modelo da classe geral ARIMA para prever o preço de compra do Cimento Portland CP IV, em uma empresa de médio porte da região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

A principal limitação do estudo é a análise de apenas uma variável, o preço de compra do cimento Portland CP IV, pois não se teve a disponibilidade de outras variáveis. Outra limitação refere-se ao local de coleta de dados, o qual é uma loja de médio porte de materiais de construção e, portanto, não faz a aquisição do produto em grandes quantidades, perdendo o poder de barganha entre os fornecedores do produto. Também não se fez um estudo comparativo com outras lojas do mesmo ramo.

## 2 | METODOLOGIA

As etapas metodológicas utilizadas para o atingimento dos objetivos da pesquisa serão descritas a seguir de modo que a pesquisa possa ser replicada em outros ramos de atividades. A variável a ser analisada foi coletada no período de julho de 2010 a março de 2016, compreendendo 69 observações mensais, coletadas em uma loja de médio porte de materiais de construção com o auxílio do *software* de gestão utilizado pela empresa.

De modo geral, para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados os modelos da classe geral ARIMA, que são modelos lineares com a característica de realizar previsões no curto prazo, pois são modelos de memória curta (BOX; JENKINS, 1970).

Inicialmente, traça-se o gráfico de sequência da série original e se realiza uma inspeção gráfica para analisar a estacionariedade da série, a fim de verificar a presença de componentes como tendência e sazonalidade.

Cumprida esta etapa, elaboram-se os gráficos da função de autocorrelação (FAC) e da função de autocorrelação parcial (FACP) (SOUZA et al., 2015). Ambas as funções também auxiliam na determinação da estacionariedade da série e na identificação de existência de autocorrelação entre as observações (FELICIANI; SOUZA; SOUZA, 2015). Além disso, a FAC e FACP podem indicar o modelo a ser utilizado e a sua ordem, onde se pode optar pelos filtros autorregressivos (AR), médias móveis (MA), autorregressivo e de médias móveis (ARMA) e suas variantes quando a série for não estacionária, que neste caso será um modelo geral autorregressivo integrado e de médias móveis (ARIMA). No caso de série apresentar os efeitos de sazonalidade, ajusta-se um modelo sazonal (SARIMA) de ordem de sazonalidade  $s$  que corresponde ao período de repetições dentro de um ano.

O modelo ARIMA  $(p, d, q)$  é baseado na teoria que o comportamento da própria variável é capaz de captar os movimentos da série e realizar previsões, genericamente, representado pela Equação 1.

$$\phi(B)\Delta^d X_t = \theta(B)a_t \quad (1)$$

Onde  $B$  é o operador de retardo,  $d$  representa a ordem de integração,  $\phi$  é o parâmetro da parte autorregressiva representado pela letra  $p$  que denomina a ordem do modelo, e  $\theta$  é o parâmetro de médias móveis representado pela letra  $q$  o qual representa a ordem do modelo de médias móveis, e  $a_t \approx N(0, \sigma^2)$ , é o resíduo do modelo com características de Ruído Branco, isto é, média zero, variância constante e dados não autocorrelacionados (CASARIN; SOUZA; SPIM, 2013).

O modelo SARIMA é um modelo ARIMA com parte sazonal, sendo representado por SARIMA  $(p, d, q) (P, D, Q)_s$ , onde  $s$  representa o tamanho da sazonalidade. O modelo geral pode ser representado pela Equação 2 (MARCHEZAN; SOUZA, 2010).

$$\phi(B)\Phi(B)\Delta^d\Delta^{ds}X_t = \theta(B)\Theta(B)a_t \quad (2)$$

Nesse caso, o  $B$  é o operador de translação para o passado, os parâmetros  $\phi$  e  $\theta$  representam a parte autorregressiva e de médias móveis,  $\Phi$  e  $\Theta$  representam a parte autorregressiva e de médias móveis sazonais, e  $\Delta^{ds}$  representa a diferença sazonal, a qual tem por objetivo tornar a série estacionária, possibilitando a aplicação da metodologia de Box e Jenkins (1970) (FARIAS; ROCHA; LIMA, 2005).

Após serem estimados diversos modelos da classe geral ARIMA, os quais são denominados modelos concorrentes, a escolha do melhor modelo é baseada no critério de informação Akaike (AIC) e no critério de informação Bayesiana (BIC), os quais devem apresentar valores mínimos, conforme as Equações 3 e 4. Estes critérios são denominados penalizadores, pois levam em consideração o número de parâmetros estimados. Isto é, quanto mais parâmetros utilizados na modelagem maior serão os valores destas estatísticas (AKAIKE, 1974).

$$AIC = T \ln(SQR) + 2n \quad (3)$$

$$BIC = T \ln(SQR) + n \ln(T) \quad (4)$$

Onde  $T$  representa o número de observações,  $SQR$  é a soma dos quadrados dos resíduos, e  $n$  é o número de parâmetros que foram estimados.

Determinado o melhor modelo concorrente, realizam-se as previsões no curto prazo com 3 passos à frente, as quais serão avaliadas pelo erro percentual médio absoluto (MAPE) conforme a Equação 5. Quanto menor o valor da estatística, melhor serão as previsões fornecidas pelo modelo proposto (KLIDZIO, 2009).

$$MAPE(\%) = \frac{\sum \left( \frac{x_t - \bar{x}_t}{x_t} \right)}{n} \times 100 \quad (5)$$

Onde  $n$  é o número de observações;  $x_t$  é o valor observado no instante  $t$  e  $\bar{x}_t$  é o valor previsto no instante  $t$ .

Para o desenvolvimento desta pesquisa, fez-se necessário a utilização do *Software Eviews 9 SV*.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa, emprega-se a metodologia descrita anteriormente de modo que seja possível prever o preço de compra do cimento Portland CP IV, utilizando os dados coletados em uma loja de médio porte de materiais de construção.

A partir da análise dos valores do preço do cimento Portland CP IV, coletados no período de julho de 2010 a março de 2016 com valores mensais, observa-se na Figura 1 o comportamento da variável em nível.

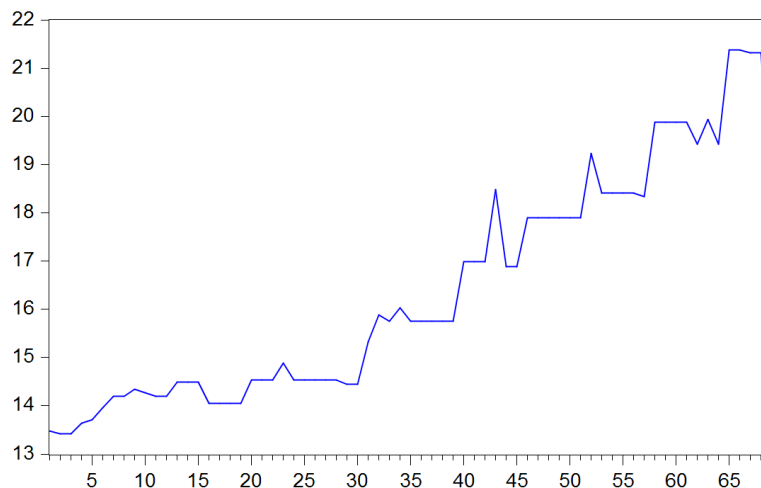


Figura 1 - Gráfico da série em nível do preço de compra do cimento Portland CP IV

Observa-se na Figura 1 que a série é não estacionária, pois apresenta comportamento de tendência crescente. Portanto, é necessário que a série seja diferenciada de modo a torná-la estacionária. A estacionariedade é uma pré-suposição para o ajuste dos modelos ARIMA. Também se observa que existem picos regulares dentro do período de um ano, o que reflete a existência do efeito sazonal na série. Deste modo, estimam-se modelos concorrentes contendo ou não as características sazonais.

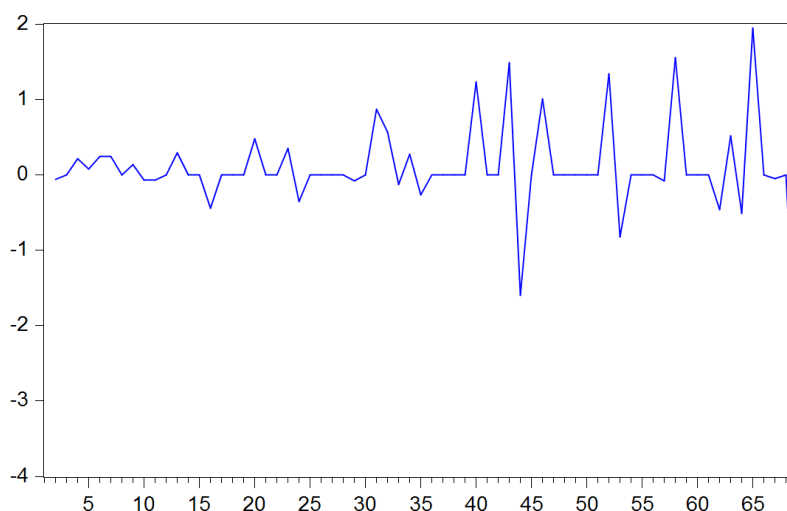


Figura 2 - Gráfico da série original em primeiras diferenças

Percebe-se na Figura 2 que a série se torna estacionária em relação a sua média após a aplicação de uma diferença, e ainda assim é possível identificar picos regulares na série, o que representa a sazonalidade do preço.

Além da estacionariedade, analisa-se a autocorrelação das observações, por meio dos gráficos da função de autocorrelação (FAC) e da função de autocorrelação parcial (FACP) na Figura 3.

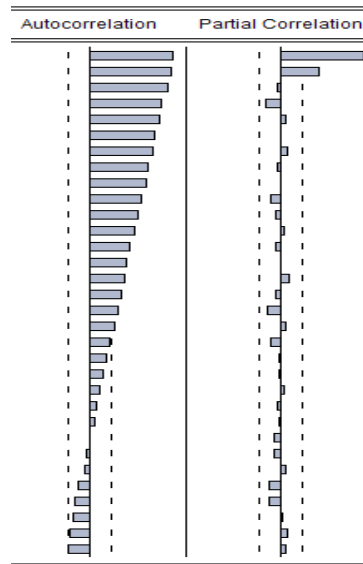


Figura 3 – Gráfico das funções de autocorrelação e de autocorrelação parcial

Na Figura 3, percebe-se que existe correlação entre as observações devido ao decréscimo lento das autocorrelações no gráfico da FAC, isso indica que observações futuras são influenciadas por observações passadas. Em relação ao gráfico da FACP, percebe-se que a possível ordem do modelo de previsão será 1 ou 2, em razão de haver dois *lags* significativos. Desta forma, devem-se estimar modelos da classe geral ARIMA, pois a série em estudo apresenta traços de autocorrelação e é não estacionária. Também se faz necessário ajuste de um modelo sazonal, pois a FAC apresentou uma inversão de valores ao longo do tempo. Portanto, há a possibilidade de se estimar diversos modelos de previsão.

Com base nessas informações, podem-se observar na Tabela 1 os modelos concorrentes para o preço de aquisição do cimento Portland CP IV e suas respectivas estatísticas e critérios de informação.

| Modelo                                    | Coefficientes          | p-valor | AIC             | BIC             |
|---|------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| ARIMA (4,1,0)                             | $\phi_4 = -0,446213$   | < 0,05  | 1,862090        | 1,927369        |
| ARIMA (0,1,4)                             | $\theta_4 = -0,413051$ | < 0,05  | 1,852729        | 1,918008        |
| <b>SARIMA (1,1,0) (1,0,0)<sub>4</sub></b> | C = 0,094317           | < 0,05  | <b>1,787113</b> | <b>1,917672</b> |
|   | $\phi_1 = -0,326268$   | < 0,05  |                 |                 |
|   | $\phi_4 = -0,543705$   | < 0,05  |                 |                 |

Tabela 1 - Modelos concorrentes da classe geral ARIMA para o preço do cimento Portland CP IV

Os três modelos concorrentes apresentaram a característica de Ruído Branco, ou seja, média igual a zero, variância constante e valores não autocorrelacionados. Portanto, são modelos aptos a representar a série em estudo. Todos os parâmetros estimados são significativos, com p-valor inferior a 5%. Dentre os modelos estimados, optou-se por um modelo que captasse o efeito da sazonalidade, pois este apresentou

os menores valores para os critérios AIC e BIC, com valores iguais a 1,787113 e 1,917672, respectivamente.

Prosseguindo no exame das condições de Ruído Branco do modelo selecionado, foram elaborados os gráficos de FAC e FACP dos resíduos do modelo SARIMA, conforme a Figura 4.

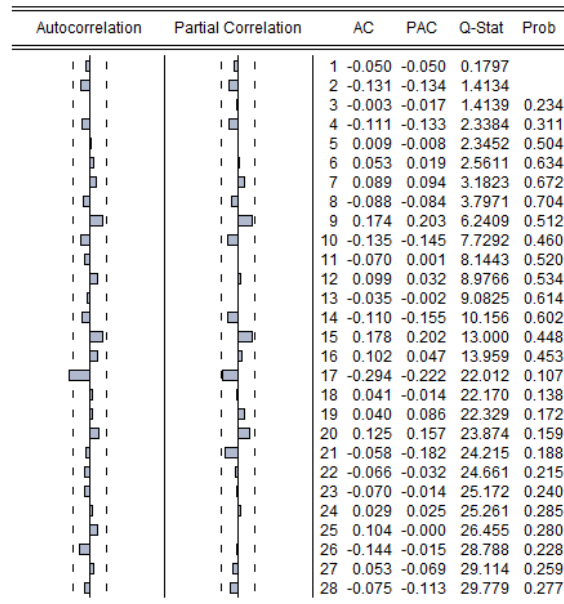


Figura 4 – FAC e FACP dos resíduos do modelo SARIMA (1, 1, 0)(1, 0, 0)<sub>4</sub>

Analisando a Figura 4, conclui-se que os resíduos são não autocorrelacionados e, portanto, o modelo escolhido é apto para realizar previsões.

Na Figura 5, pode-se observar o comportamento da série original, da série estimada com o modelo sazonal e os resíduos da modelagem. Verifica-se que a série estimada converge para a série real, demonstrando que o modelo ajustado consegue captar os movimentos oscilatórios da série e, assim, realizar previsões dos valores futuros.

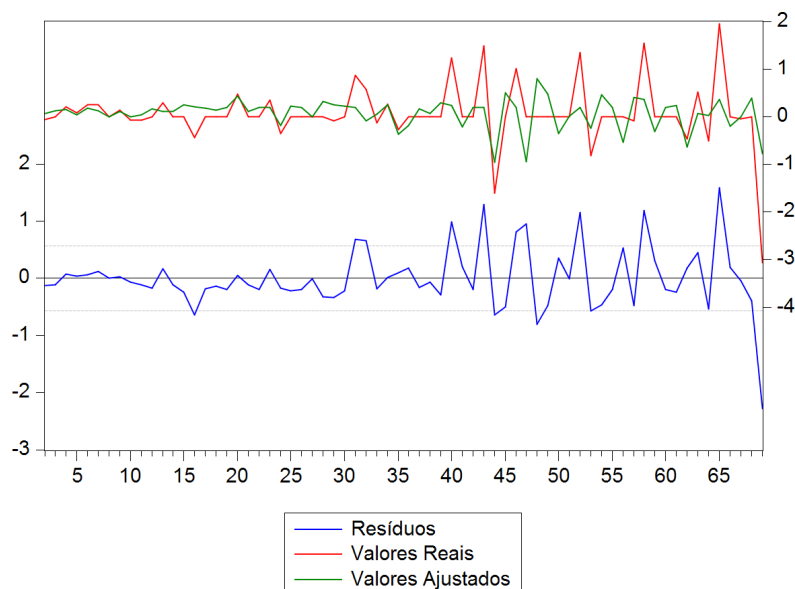


Figura 5 – Gráfico dos valores reais, ajustados e resíduos do modelo SARIMA

Ao analisar a Figura 5, percebe-se que o modelo sazonal estimado tem a capacidade de acompanhar os movimentos da série original, porém o modelo não conseguiu representar de maneira satisfatória os picos ocorridos. Deste modo, sugere-se a estimação de modelos que englobem a volatilidade, tais como ARCH e GARCH, a fim de representar por completo a série analisada.

Como última etapa de modelagem e o propósito da pesquisa, realizou-se a previsão no curto prazo com 3 passos à frente, do tipo “*in-sample*”, conforme a Figura 6. A previsão apresentou um erro percentual médio absoluto igual a 2,248914.

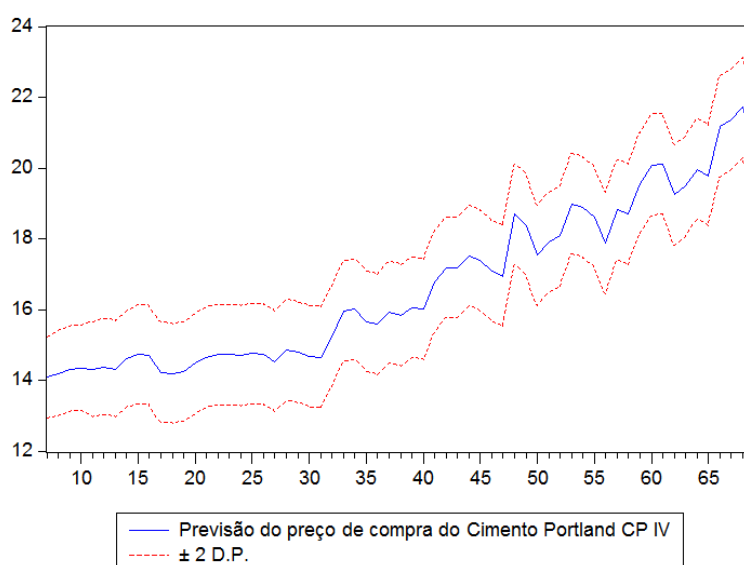


Figura 6 - Previsão *in-sample* do preço de compra do cimento Portland CP IV

Verifica-se na Figura 6 que o modelo SARIMA (1, 1, 0) (1, 0, 0)<sub>4</sub> além de captar os movimentos da série, foi capaz de prever adequadamente os valores 3 passos à frente, dentro de um intervalo de ± 2 desvios-padrão. De posse dos valores previstos, o gestor da loja de materiais de construção poderá decidir o momento oportuno para realizar a compra ou de manter apenas um estoque de segurança até que o preço do produto volte ao seu nível de equilíbrio, proporcionando um fluxo de venda adequado e um maior retorno financeiro para a empresa.

## 4 | CONCLUSÃO

A modelagem econométrica é uma ferramenta eficaz para entender o comportamento de diversas variáveis. Nesta pesquisa, o preço de compra do cimento Portland CP IV de uma loja de materiais de construção foi o objeto de estudo. Para prever o preço, foram utilizados os modelos da classe geral ARIMA, pois havia apenas uma variável disponível e seus valores apresentaram autocorrelação. Desta forma, a autocorrelação entre as observações possibilitou realizar a previsão do preço do produto no curto prazo. Os modelos ajustados para o período de julho de 2010 a março de 2016 foram: ARIMA (4,1,0), ARIMA (0,1,4) e SARIMA (1,1,0) (1,0,0)<sub>4</sub>. A modelagem



sazonal foi a que apresentou os melhores resultados para as estatísticas de ajustes do modelo e os melhores valores para as estatísticas de previsão.

Este estudo forneceu subsídios gerenciais importantes no local onde a pesquisa foi desenvolvida, e se mostrou útil no gerenciamento de compras e de estoques desta empresa. Dessa forma, deixa-se como sugestão para futuros trabalhos, a modelagem conjunta do preço de compra com outras variáveis que possuam forte impacto financeiro no desempenho mensal da empresa, além da aplicação de modelos baseados na volatilidade.

## REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, Boston, v.19, n.6, p.716-723, 1974.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Tipos de cimento**. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/perguntas-frequentes.php?id=21>>. Acesso em: 01 abr. 2016.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1970.

CASARIN, V. A.; SOUZA, A. M.; SPIM, J. A. Monitoramento dos defeitos em ferro fundido usando resíduos de modelos autorregressivos. **Revista Geintec**, v.3, n.2, p. 227-238, 2013.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO - SNIC. **Processo de produção**. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/processo.asp>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

CIMENTO.ORG. **Cimento no mundo**. Disponível em: <<http://cimento.org/cimento-no-mundo/>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

FARIAS, E. R.; ROCHA, F. J. S.; LIMA, R. C. **Critérios de seleção de modelos sazonais de séries temporais**: uma aplicação usando a taxa de desemprego da região metropolitana de Recife. III Encontro Regional de Estudos do Trabalho – ABET, 22 a 24 de novembro de 200 – Recife, PE. Disponível em: <<http://www.race.nuca.ie.ufrj.br/abet/3reg/39.DOC>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. **PIB do setor de construção civil caiu 2,7% no 1º trimestre do ano, mostra estudo da FIESP**. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/noticias/pib-do-setor-de-construcao-civil-caiu-27-no-1o-trimestre-do-ano-mostra-estudo-da-fiesp/>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

FELICIANI, A. V.; SOUZA, A. M.; SOUZA, F. M. Modelos estocásticos de previsão dos preços da soja no Brasil. **Custos e Agronegócio on line**, v. 11, n. 1, p. 263-280, 2015.

KLIDZIO, R. **Modelos de previsão aplicados ao controle de qualidade com dados autocorrelacionados**. Santa Maria: UFSM, 2009. 155 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

MARCHEZAN, A.; SOUZA, A. M. Previsão do preço dos principais grãos produzidos no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, p. 2368-2374, 2010. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010384782010001100019&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782010001100019&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 18 jul. 2018.

REICHERT, B.; SOUZA, A. M. Análise do comportamento futuro do preço do cimento Portland CP IV.

In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXVI, 2016, João Pessoa. **Anais eletrônicos da Associação Brasileira de Engenharia de Produção**. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_231\\_347\\_28799.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_231_347_28799.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2016.

SOUZA, A. M.; SOUZA, F.M.; ZANINI, R.R.; REICHERT, B.; LIMA JUNIOR, A. V. de. Applications Residual Control Charts Based on Variable Limits. **Int. Journal of Engineering Research and Applications**, v. 5, n. 5, p. 44-50, may 2015.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**MARCOS WILLIAM KASPCHAK MACHADO** Professor na Unopar de Ponta Grossa (Paraná). Graduado em Administração- Habilitação Comércio Exterior pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especializado em Gestão industrial na linha de pesquisa em Produção e Manutenção. Doutorando e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com linha de pesquisa em Redes de Empresas e Engenharia Organizacional. Possui experiência na área de Administração de Projetos e análise de custos em empresas da região de Ponta Grossa (Paraná). Fundador e consultor da MWM Soluções 3D, especializado na elaboração de estudos de viabilidade de projetos e inovação.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-000-1

