



ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:

Além dos Produtos e Sistemas Produtivos 3

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021



ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:

Além dos Produtos e Sistemas Produtivos 3

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFRP
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatiany Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvío Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Engenharia de produção: além dos produtos e sistemas produtivos 3

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia de produção: além dos produtos e sistemas produtivos 3 / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-003-9
DOI 10.22533/at.ed.039212304

1. Engenharia de produção. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.
CDD 670

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

O ramo da engenharia de produção ganhou cada vez mais espaço no decorrer dos anos, sendo hoje um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria contínua de processos.

Desta forma estudar temas relacionados a engenharia de produção é de grande importância, pois desta maneira pode-se aprimorar os conceitos e aplicar os mesmos de maneira mais eficaz.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas engenharia de produção, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente.

Apresenta capítulos relacionados a gestão como um todo, assim como a aplicação de ferramentas para melhoria de processos e produtos e a redução de custos. Outro destaque se dá a interação entre o homem e o trabalho, sendo um dos ramos da engenharia de produção e que está cada vez mais em voga no momento atual.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

GESTÃO DA QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS: ESTUDO DE CASO

Tiago Soares da Rocha

Paulo Renato Pakes

Brena Bezerra Silva

DOI 10.22533/at.ed.0392123041

CAPÍTULO 2..... 16

APLICAÇÃO DA FILOSOFIA DE GESTÃO LEAN SEIS SIGMA NA OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA CALÇADISTA

Phelippe Moura da Silva

Ezequiel Ribeiro Paiva

DOI 10.22533/at.ed.0392123042

CAPÍTULO 3..... 30

ANÁLISE DA RELAÇÃO PRODUÇÃO VERSUS MANUTENÇÃO E SEUS IMPACTOS EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS: O CASO PSIU

Marco André Matos Cutrim

Jadna Karine Santos Monteiro

Antonilton Serra Sousa Junior

Andielle Martins Oliveira

Pedro Lucas Valente Santos Sousa de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.0392123043

CAPÍTULO 4..... 44

ANÁLISE DA SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM UMA PEQUENA EMPRESA DE SERRALHERIA SITUADA NA CIDADE DE DOURADOS – MS

Marcos Meurer da Silva

Robson de Souza Santos

Marcos Barbosa Silvino

DOI 10.22533/at.ed.0392123044

CAPÍTULO 5..... 58

O IMPACTO DO ROUBO DE CARGA EM UMA EMPRESA DE ALIMENTOS LOCALIZADA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO/BRASIL

Priscilla Juliasse de Freitas

Camila Avosani Zago

DOI 10.22533/at.ed.0392123045

CAPÍTULO 6..... 70

CARACTERIZAÇÃO DO CANAL LOGÍSTICO REVERSO: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE AUTOPEÇAS E MECÂNICA EM SÃO LUÍS

Marco André Matos Cutrim

Jadna Karine Santos Monteiro

Antonilton Serra Sousa Junior

Jardel Carlos Ferreira Nunes

Jéssica dos Santos Maia

DOI 10.22533/at.ed.0392123046

CAPÍTULO 7..... 82

PROCEDIMENTO DE TRANSIÇÃO DA *GRID* TOPOLÓGICA PARA A *GRID* GEOMÉTRICA NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO DAS FACILIDADES NO *LAYOUT* DE UM ESTALEIRO

Henry Joel Segho Amani

Walther Azzolini Junior

DOI 10.22533/at.ed.0392123047

CAPÍTULO 8..... 93

MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA DE MATERIAIS: APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

Rafael Ferreira Almeida

Paulo Afonso Lopes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.0392123048

CAPÍTULO 9..... 106

A CRIAÇÃO DE UMA SPIN-OFF ACADÊMICA PARA ÁREA DE BIOTECNOLOGIA EM TRÊS ETAPAS

Andrey Pelicer Tarichi

Creusa Sayuri Tahara Amaral

DOI 10.22533/at.ed.0392123049

CAPÍTULO 10..... 119

A REDUÇÃO DA INCIDÊNCIA DO ERRO DE DIAGNÓSTICO NO TRATAMENTO DA SÍNDROME HPN (HIDROCEFALIA DE PRESSÃO NOMAL) EM BRASILEIROS, MEDIANTE A APLICABILIDADE DA MODELAGEM MATRICIAL COPPE-COSENZA

Rodrigo Ventura da Silva

Jean de Aguiar Seabra

Luis Claudio Bernardo Moura

Leonardo Fontes Bachá

Carlos Alberto Nunes Cosenza

DOI 10.22533/at.ed.03921230410

CAPÍTULO 11..... 133

ANÁLISE DOS PRINCIPAIS BENEFÍCIOS OBTIDOS A PARTIR DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA TAMBOR-PULMÃO-CORDA (TPC): UMA REVISÃO DA LITERATURA

Gilberto Dias Paião Júnior

DOI 10.22533/at.ed.03921230411

CAPÍTULO 12..... 145

DESENVOLVIMENTO DE ESCUDOS FACIAIS ATRAVÉS DE PROTÓTIPOS RÁPIDOS: UMA ABORDAGEM SÓCIO-SANITÁRIA EM DEFESA DOS PROFISSIONAIS DE SAÚDE CONTRA O COVID-19 EM SÃO PAULO, BRASIL

Adriana Del Monaco de Maria

Maria Eduarda Aidar Santillo

Eduardo Augusto Galdino dos Santos

Lia de Biasi Pereira
Rafaela Camargo dos Santos
Gabrielle Silva Coelho
Fabielle Pereira Leite
Suzane Candido Losacco
Edmilson Machado Pereira
Mariane da Silva Monteiro
Yara Beatriz Rodrigues do Espirito Santo
Camila Santineli dos Santos
Emanuele Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.03921230412

SOBRE OS ORGANIZADORES	154
ÍNDICE REMISSIVO.....	155

MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA DE MATERIAIS: APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

Data de aceite: 22/04/2021

Rafael Ferreira Almeida

Instituto Militar de Engenharia - IME

Paulo Afonso Lopes da Silva

Instituto Militar de Engenharia - IME

RESUMO: O objetivo deste artigo é identificar qual método de análise de séries temporais tem menor erro de previsão, para gerar estimativas futuras mais assertivas. Na empresa em foco, as atividades relacionadas ao planejamento da demanda são realizadas na gestão de materiais, e a importância do estudo da previsão de demanda nesse contexto é melhorar o nível de suprimento de insumos aos reparos navais. A metodologia empregada foi, primeiro, analisar a eficiência do método de previsão utilizado, por meio do indicador de nível de serviço dos pedidos atendidos em relação aos solicitados. Após, se realizou uma classificação abc para priorização dos materiais que terão maior atenção no planejamento da demanda, porque os recursos são limitados. Identificaram-se 34 itens (10,93% do total) que representava 79,90% do valor de consumo dos últimos 12 períodos e, ao analisar o comportamento da série histórica de consumo do principal item classe a, através do sistema de informações gerenciais, propôs-se a aplicação de métodos de análise de séries temporais de modelo fixo, como a média simples (método atual aplicado pela empresa), média móvel simples, média móvel ponderada e amortecimento exponencial. Como resultados, reduziu-se

o capital imobilizado, evitou-se a ruptura do estoque e garantiu-se a operacionalidade da organização.

PALAVRAS-CHAVE: Previsão de demanda; métodos de previsão de modelo fixo; erros de previsão.

METHODS OF DEMAND FORECASTING MATERIALS: APPLICATION IN A COMPANY OF PUBLIC ADMINISTRATION

ABSTRACT: The purpose of this article is to identify which time series analysis method has the most prevision error, to generate more assertive future estimates. At the focus company, activities related to demand planning are performed in material management, and the importance of studying demand forecast in this context is to improve the level of supply supplies to naval repairs. The methodology used was first to analyze the efficiency of the method of forecasting used through the service level indicator of requests completed in relation to the requests. After an abc classification has been performed for prioritizing materials that will have more attention in demand planning, because resources are limited. 34 Items have been identified (10.93% Of the total) which represented 79.90% Of the consumer value of the last 12 periods and, by analyzing the behavior of the main historical series of the main class a item, through the information system. , We proposed the application of methods of analysis of fixed model time series, as simple average (current method applied by the company), simple mobile average, weighted average, and exponential damping. As results, the fixed capital has been

reduced, stock breakdown is avoided and the organization's operationality is guaranteed.

KEYWORDS: Demand forecast; fixed model forecasting methods; forecasting errors.

1 | INTRODUÇÃO

A unidade empresarial estudada está estrategicamente localizada na cidade de Salvador, no litoral brasileiro, ligando-se à baía de todos os Santos pelo rio Cotegipe. É o segundo pólo industrial e de manutenção mais importante do grupo empresarial, menor apenas que a unidade localizada no Rio de Janeiro.

Como trata-se de empresa de administração pública, seu processo de aquisição de materiais é pautado na lei 8.666/83, por meio de licitações, que levam os gestores a conduzir suas decisões baseados em procedimentos formais, buscando a oferta mais vantajosa para a organização pública e respeitando os princípios de legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência.

Historicamente, embora a atividade de previsão de demanda de materiais seja de responsabilidade da área de gestão de matérias, as áreas de aquisições, gestão de navios, aquisições, licitações e contratos também participam ativamente do processo, contribuindo para disponibilidade dos itens necessários à uma gestão de estoques capaz de atender às solicitações dos clientes.

Considerando a relevância do tema abordado por este trabalho, o presente artigo tem como problema de pesquisa a aplicação de métodos de previsão de demanda de materiais em uma base naval de administração pública, através da utilização de planilhas eletrônicas no software Microsoft Excel. Tal questionamento há de requerer uma breve revisão bibliográfica dos métodos de previsão de demanda de modelo fixo, como média simples, média móvel simples, média móvel ponderada e amortecimento exponencial, assim como os seus erros associados, afim de permitir que a temática investigada atinja o objetivo geral da pesquisa, que é auxiliar à tomada de decisão sobre a escolha do método que apresente o menor erro de previsão, e melhore a disponibilidade de materiais no almoxarifado, para atendimento às demandas da empresa.

Pela necessidade de realizar um bom planejamento, buscando comparar diversos métodos, com o intuito de minimizar o erro previsto e melhorar a acurácia da estimativa das demandas futuras, o objetivo deste artigo é identificar qual método estatístico de análise de séries temporais de modelo fixo tem o menor erro percentual absoluto médio de previsão para gerar as estimativas futuras mais assertivas.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Classificação ABC

Segundo Dias (2009) estoque é a parte do capital que atua como lubrificante, para

permitir um bom funcionamento da relação entre produção e vendas, sendo necessário otimizar os estoques para que o capital investido seja minimizado.

A classificação ABC utiliza o princípio de Pareto na gestão dos estoques, podendo-se estimar que o controle de poucos itens essenciais ou críticos é de vital importância em uma empresa, sendo trivial a gestão e controle da maioria dos demais itens, por possuir vasto acesso no mercado, baixa demanda ou facilidade de aquisição, gerando baixo valor de consumo (BALLOU, 2006).

Felini (2011) afirma que a classificação ABC consiste em uma técnica de priorização baseada no valor de consumo (quantidade x valor monetário unitário) e é obtida através da ordenação dos itens conforme sua importância relativa, sendo classificados como classe A o grupo de materiais mais importantes, com aproximadamente 20% dos itens e 80% do faturamento, devendo ser trabalhados com uma atenção especial; classe B o grupo intermediário, com aproximadamente 30% dos itens e 15% do faturamento; e classe C o grupo de materiais menos importante em termos de movimentação, com aproximadamente 50% dos itens e 5% do faturamento. No entanto, os itens classe C também requerem atenção pelo fato de gerarem custo de manter estoques.

2.2 Previsão de demanda

No cenário econômico atual, de grande complexidade e competitividade, a previsão de demanda é uma das ferramentas utilizadas em larga escala pelas empresas para estimar os recursos necessários à operação, em determinado período específico (Makridakis, 1998).

Como demanda, entende-se a disposição dos consumidores a comprar os bens ou serviços ofertados pela empresa, sendo que neste estudo de caso refere-se à necessidade de materiais de limpeza, expediente e insumos industriais para a realização dos reparos navais.

Prever uma demanda de modo eficaz tornou-se um grande desafio, devido à complexidade e quantidade de informações que passaram a impactar no comportamento do consumo de um bem ou serviço. Ainda assim, identificar qual será a demanda por um bem ou serviço em determinado horizonte de tempo é de fundamental importância para auxiliar no planejamento de recursos de diversas áreas da empresa, como finanças, orçamentária, recursos humanos, vendas e a de gestão de materiais (Wanke, 2010).

Mendonça e Ribeiro (2017), propuseram a utilização da curva ABC em sua pesquisa, para melhorar a gestão dos estoques, reduzindo seus níveis sem prejudicar o atendimento aos clientes. Porém, sugeriram como possibilidade de estudo futuro, conciliar esta técnica com a previsão de demanda, pretendendo obter maiores resultados no controle dos estoques e redução dos custos logísticos.

2.3 Métodos de previsão

Usualmente, segundo Mesquita et al (2008) os métodos de previsão de demanda são classificados em qualitativos, como a pesquisa de mercado, simulação de cenários e métodos Delfi, e quantitativos, estes divididos em métodos de projeção (médias móveis, amortecimento exponencial, projeção de tendências, decomposição e ARIMA) e correlação (regressão simples, regressão múltipla e métodos econométricos).

A utilização de métodos de previsão de demanda quantitativos, através da análise de séries temporais, se baseia na aplicação de técnicas estatísticas considerando que a variável demandada é função apenas do tempo, e pressupondo que os padrões de comportamento das séries no passado irão se repetir no futuro, para estimar a demanda dos próximos períodos (Mesquita et al, 2008).

Não foram observadas tendência e sazonalidade no comportamento de demanda da maioria dos itens classe A. Como a série histórica analisada possui apenas 12 períodos, foram empregadas as técnicas temporais de modelo fixo que, segundo Wanke e Julianelli (2006), são as mais adequadas para utilização em séries históricas pequenas, pois têm capacidade de se ajustarem rapidamente às mudanças no comportamento de consumo de materiais, sendo as mais indicadas para previsões de curto ou médio prazo, possuindo fácil implantação.

2.3.1 Média simples

O método da média simples pode ser considerado um dos métodos mais simples de previsão, porque leva em consideração a utilização da média aritmética simples como estimativa para os próximos períodos, sendo utilizada quando a série apresenta modelos constantes.

Não é adequada quando o histórico das observações apresenta tendência e sazonalidade. Todos os períodos analisados possuem o mesmo peso, considerando a mesma probabilidade de ocorrência. A média simples de um período pode ser calculada pela equação:

$$MMS = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

Onde:

MS = Previsão para o período

D_i = Demanda dos n períodos totais anteriores

n = Número total de períodos predeterminados para o cálculo

2.3.2 Média móvel simples

O método da média móvel simples utiliza-se de um número predeterminado de

períodos recentes para prever uma demanda futura (Mesquita et al, 2008). Nesse método simples e de fácil utilização, também não é levada em conta aspectos como tendência e sazonalidade. A média móvel simples de um período pode ser calculada conforme a equação:

$$MMS = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

Onde:

MMS = Previsão para o período

D_i = Demanda dos n períodos anteriores

n = Períodos predeterminados para o cálculo

2.3.3 Média móvel ponderada

Esta é uma variação do modelo da média móvel simples, onde é possível atribuir pesos maiores ou menores para determinados períodos de análise. Desse modo pode-se atuar sobre valores fora do contexto de modo que eles pouco afetem o valor final da previsão (Mesquita et al, 2008). A média móvel ponderada pode ser calculada pela equação:

$$MMP = \sum_{i=1}^n P_i D_i$$

Onde:

MMP = Previsão para o período

P_i = Peso normalizado atribuído ao determinado período anterior

D_i = Demanda dos períodos anteriores

É importante também ressaltar as seguintes relações:

$$0 < P_i < 1 \quad \text{e} \quad \sum_{i=1}^n P_i = 1$$

2.3.4 Amortecimento exponencial simples

Esse método utiliza todos os valores históricos anteriores, mas o peso de cada observação decresce no tempo. Cada nova previsão é obtida com base na previsão anterior acrescida do erro cometido na previsão anterior corrigido por um coeficiente de ponderação (Mesquita et al, 2008). Esse método também não leva em consideração aspectos de tendências ou de sazonalidade da demanda. O método do amortecimento exponencial simples é regido pela expressão:

$$P_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha) P_{t-1}$$

Onde:

P_t = Previsão para o período

D_{t-1} = Demanda do período anterior

α = Coeficiente de ponderação

P_{t-1} = Previsão do período anterior

É importante frisar que o coeficiente α pode assumir valores de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1 mais próxima da última demanda é a previsão. E quanto mais próximo de 0 mais próximo é o resultado de sua última previsão.

2.4 Erros de previsão

Makridakis (1998) acredita que em geral, um aumento na complexidade dos métodos de previsão não acarreta reduções significativas da margem de erro. O que reforça a utilização de métodos de previsão de modelos fixos (quando o histórico de dados disponível é reduzido), com os menores erros de previsão, para estimar as demandas futuras.

Como forma de avaliar a precisão de uma previsão de demanda baseada em séries históricas, há algumas formas de monitoração de erros. O erro é muito comum quando se trata de previsão. Ele é definido como a diferença da previsão em relação à realidade (Mesquita et al, 2008). Erros podem ter causas simplesmente aleatórias, que não podem ser modeladas, ou de má utilização das ferramentas de previsão.

Ao fazer uma contínua monitoração desses erros tem-se a percepção de estar-se usando o modelo mais adequado para aquele objeto de estudo ou não. Os modelos mais utilizados para essa avaliação são o erro médio (EM), desvio médio absoluto (MAD), o erro médio percentual (EMP) e o erro percentual absoluto médio (MAPE), que expressa a acurácia do erro da previsão em valores percentuais e foi o escolhido para utilização neste artigo.

2.4.1 Erro percentual absoluto médio (MAPE)

O erro percentual absoluto médio, ou MAPE (Mean Absolute Percentage Error), é análogo ao MAD, com a diferença de que seu resultado é expresso por meio de porcentagem (Wanke,2010). A equação abaixo mostra como ele é calculado, sendo que mais uma vez as variáveis são as mesmas já utilizadas anteriormente:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|P_i - D_i|}{D_i}}{n}$$

Onde:

P_i = Previsão de demanda para o período

D_i = Demanda real no período

n = Número de períodos estudados

Assim como no MAD, o MAPE utiliza-se dos módulos das diferenças de demanda real e prevista, sendo o resultado um número não tendendo a zero. O resultado do MAPE é então o percentual médio de quão fora da curva está a demanda real em relação à prevista.

O MAPE tem a mesma restrição do método do erro percentual médio, de não poder haver algum período de demanda nula. Caso haja algum caso desse tipo deve-se desconsiderar o período. Como não houve casos desse tipo neste estudo de caso, esse foi o modelo de análise de erro escolhido para auxiliar na escolha do melhor método de previsão de demanda.

3 | METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida por meio do levantamento e análise estatística do histórico de consumo dos materiais na empresa de administração pública em foco. Não foram observadas tendência e sazonalidade no comportamento de demanda da maioria dos itens classe A. Como a série histórica analisada possui apenas 12 períodos, foram empregadas as técnicas temporais de modelo fixo que, segundo Wanke e Julianelli (2006), são as mais adequadas para utilização em séries históricas pequenas, pois têm capacidade de se ajustarem rapidamente às mudanças no comportamento de consumo de materiais, sendo as mais indicadas para previsões de curto ou médio prazo, possuindo fácil implantação.

Foi testada a hipótese do atual gargalo operacional da empresa estudada ser a constante falta de materiais em estoque, definida pelo baixo nível de serviço observado no atendimento às demandas de materiais solicitadas ao almoxarifado, cujo principal responsável pelo trâmite dos processos é a área de gestão de materiais. Uma das motivações deste estudo de caso pautou-se na procura do entendimento do comportamento da demanda dos materiais consumidos pela empresa ao longo do tempo, pois esse fluxo de materiais influencia nos níveis de estoques planejados para o abastecimento ininterrupto aos clientes, sem que haja atrasos na execução de suas atividades.

Devido a restrições de tempo e escopo, assim como a possibilidade de adequação dos resultados obtidos para emprego em outros itens, o presente artigo focou na análise da demanda do principal item classe A, através do levantamento de dados de consumo nos últimos 12 anos, pelo relatório de classificação ABC dos itens, gerado automaticamente pelo Sistema de Informações Gerenciais (SIG), conforme apresentado na tabela 1 abaixo.

DESCRICAO	QUANTID.			CLASSIF.
	UF	UNITARIO	TOTAL	
TRAPO S/COSTURA P/LIMPEZA PANO DE CHÃO ALVEJADO CONFECCIONADO EM TECIDO (85% MINIMO DE ALGODÃO) FORMATO RETANGULAR (75 CM COMP. MINIMO POR 45 CM LARG. MINIMA)	KG	19938.1	20,80	414.712,48 A
SABAO EM PO C/DETERGENTE COM 5KG	SC	7472.03	39,80	297.386,79 A
SACO PLASTICO P/LIXO 100 LI LARGURA 75 CM ALTURA 105 CM P/ACONDICIONAMENTO DE RESIDUOS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS EMB. PA C/100 UN	FA	8850	18,95	167.707,50 A
CLORO LIQUEFEITO	KG	9869	14,00	138.166,00 A
CLORO, GRANULO, COR BRANCA, TRATAMENTO AGUA POTAVEL, HIPOCLORITO DE CALCIO 65%, CLORO ATIVO 65%-CLORO, GRANULO (HIPOCLORITO DE CALCIO 65%)	BU	199	630,00	125.370,00 A

Tabela 1 – Extrato da Classificação ABC dos materiais

Fonte: SIG da empresa estudada

A tabela 1 ilustra o perfil de consumo da empresa estudada, através de uma representação da classificação ABC dos itens atendidos pelo almoxarifado, com foco nos itens classe A. Pode-se observar um resumo, com a participação de todos os itens classe A, B e C no quadro 1 abaixo.

Classe	% Itens	Qt. Itens	Valor	Perc.do Total
A	10,93 %	34	2.051.024,15	79,90 %
B	21,86 %	68	386.874,47	15,07 %
C	67,20 %	209	128.979,67	5,00 %

Quadro 1 – Resumo da Classificação ABC dos materiais

Fonte: SIG da empresa estudada

A partir do quadro 1 é possível identificar que apenas 34 itens (quase 11% do total) são pertencentes à classe A, e representaram aproximadamente 80% do valor de consumo nos últimos 12 períodos. Seguidos de 68 itens (quase 22% do total) pertencentes à classe B, representando 15% do valor de consumo e, por fim, os demais 209 itens consumidos no dia a dia da empresa (aproximadamente 67% do total) representando apenas 5% do valor de consumo.

A metodologia atual de previsão de demanda adotada pela empresa é a média simples. Como as aquisições na Administração Pública são realizadas através de processos licitatórios, os fornecedores selecionados deverão comprovar capacidade de atendimento aos requisitos técnicos especificados dos produtos, a preços competitivos. Sendo assim, deverão garantir exclusividade de fornecimento durante o período do contrato, que geralmente é de um ano.

Portanto, os volumes estudados neste artigo são referentes ao total consumido ao ano, e não o volume mensal, expurgando assim efeitos de sazonalidade, ciclo ou tendências ao longo do ano. Ficando a cargo da área de gestão de materiais o controle do fluxo de pedidos, atentando ao leadtime médio previsto dos fornecedores, para não gerar ruptura de estoques no almoxarifado, aplicando o método que apresentou o menor erro de previsão.

4 | RESULTADOS

Ao realizar a classificação ABC dos materiais, baseado na série histórica de consumo de 2008 à 2019, o item “TRAPO” é o que possui maior valor de consumo, representando aproximadamente 16% do total, conforme evolução do consumo representada no gráfico 1.

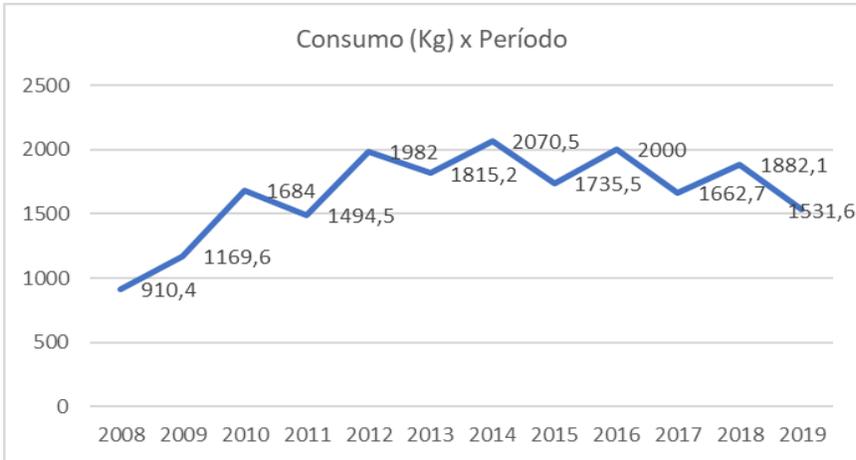


Gráfico 1 – Histórico de consumo do material "trapo"

Fonte: elaborado pelos autores

O gráfico 1 acima demonstra a evolução do consumo de trapo (em quilos) ao longo dos anos. Percebe-se uma tendência de crescimento até 2014 (pico de consumo), quando os valores passam a oscilar em movimentos que lembram um dente de serra, podendo ser justificados por excessos de compras em um período e posterior planejamento mais conservador, porque ainda possuía material em estoque referente à compras realizadas no período passado. A série apresenta uma pequena tendência de queda depois de 2014.

Com base no histórico de consumo apresentado no gráfico 1, foram realizadas as previsões de demanda, utilizando as técnicas de séries temporais de modelo fixo e realizando a análise do erro percentual absoluto médio (MAPE), conforme segue.

4.1 Aplicação da Média Aritimética Simples

O primeiro método aplicado foi a média aritmética simples, por ser o modelo utilizado atualmente pela empresa. Este modelo apresentou um MAPE de 18,9%, não atendendo a atual demanda por disponibilidade de itens superior a 90% (nível de serviço).

4.2 Aplicação da Média Móvel Simples

A partir da simulação de cenários utilizando a média móvel simples, para vários períodos, foi possível identificar métodos de previsão com MAPE de 12,5% para MM2, 13,7% para MM3, 13,4% para MM4 e 12% para MM6. Embora haja um comportamento inicial de diminuição do MAPE enquanto se elevam os períodos da média móvel, não há correlação entre o número de períodos e a redução do erro previsto, porque quando foi simulado para MM10, o MAPE foi de 13,2%, sendo 12% o menor valor identificado (MM6).

4.3 Aplicação da Média Móvel Ponderada

Ao utilizar a técnica da média móvel ponderada, após uma análise de sensibilidade, chegou-se à conclusão que se realizar a previsão baseada no MM4, com pesos decrescentes de acordo com o período analisado, tende a minimizar o erro.

Assim, foi utilizada a ferramenta de análise de dados Solver, no Microsoft Excel, para gerar os pesos de 20% para o último período, 60% para o penúltimo, e 10% para os 2 períodos anteriores, devido ao comportamento da demanda ser similar a um “gráfico dente de serra” e ao maior peso despendido nos períodos mais próximos da última previsão. Foi realizado a distribuição destes pesos nos 4 últimos períodos de consumo e gerado a previsão de demanda para os próximos períodos, que pode ser ilustrado no gráfico 2 abaixo.

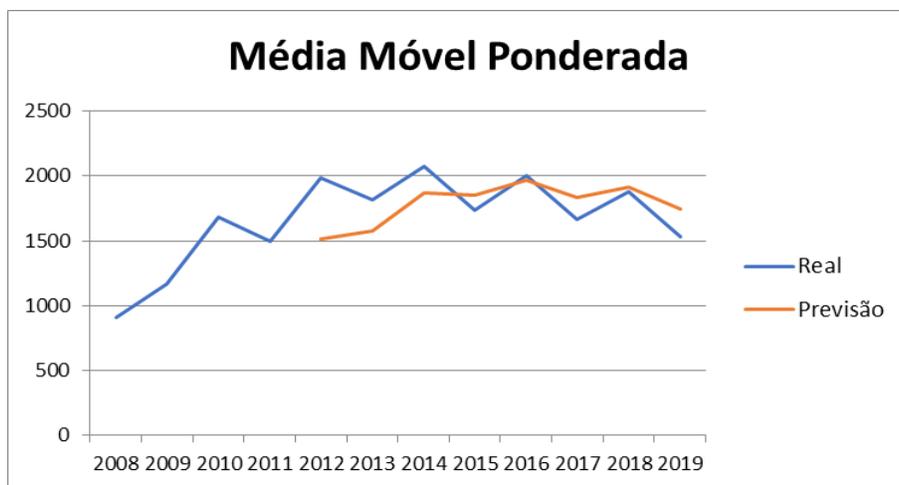


Gráfico 2 – Média Móvel Ponderada para 4 períodos

Fonte: elaborado pelos autores

Este método foi o que apresentou o menor MAPE, correspondendo a um erro de 10%, sendo onde a previsão de demanda mais se aproximou da realidade. A aplicação deste método atingiu o nível de serviço previsto de 90% de acuracidade no atendimento à demanda.

4.4 Aplicação do Amortecimento Exponencial

Por fim, ao analisar o método de amortecimento exponencial, optou-se por utilizar o coeficiente de amortecimento valendo 0,5, porque ele representa a sensibilidade com relação aos últimos ou primeiros valores.

Este método apresentou um comportamento inverso à demanda real, a partir de

2015, conforme pode ser observado no gráfico 4 abaixo.

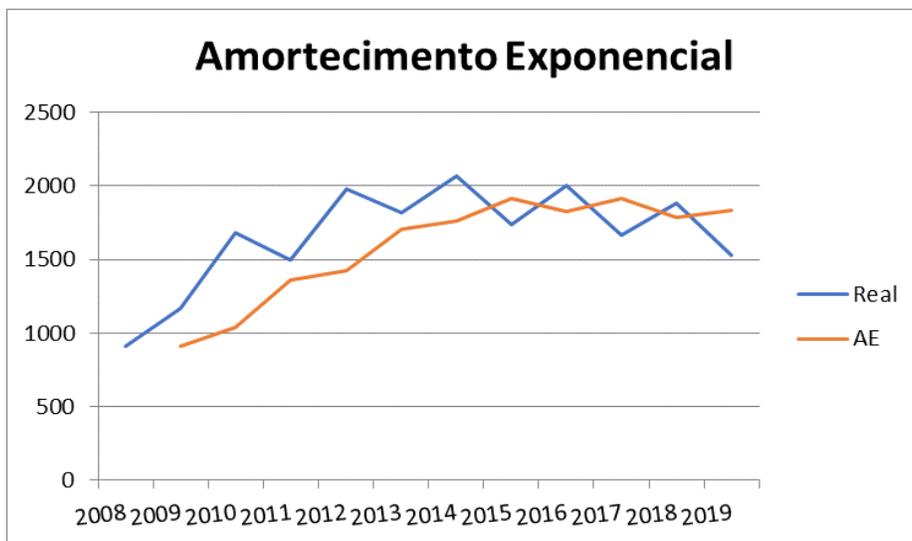


Gráfico 4 – Amortecimento Exponencial

Fonte: elaborado pelos autores

A utilização deste método acaba deslocando a demanda real da previsão, gerando um MAPE de 16,1%, que também não atende ao nível de serviço almejado.

5 | CONCLUSÃO

A técnica da média móvel ponderada, para 4 períodos, foi a que apresentou o menor MAPE (erro percentual absoluto médio) de 10%, sendo escolhida para a previsão de demanda anual dos itens classe A com comportamento de consumo parecido com o do “trapo”.

Realizando a previsão consumo de trapo para 2020, utilizando essa técnica e com os pesos descritos neste trabalho, estima-se a aquisição de 1801,85 quilos, ao preço de R\$ 20,80 por quilo, o que gera um custo adicional de R\$ 2.919,11 (8,45%) em comparação à manutenção da média aritmética simples (aquisição de 1661,50 quilos). Porém, como este custo é anual, justifica o impacto no nível de serviço de 18,9% para 10% (limite aceitável pela administração da empresa),

Cabe ressaltar que, ao reduzir o erro na previsão, haverá uma melhor utilização dos recursos públicos para continuidade das operações, uma vez que esta técnica será expandida para os demais itens da política de estoques, objetivando compras mais acertadas com menor índice de desperdícios ou falta de material (evitando compras

emergenciais e aditivos em contratos de fornecimento). Sendo que a qualidade do serviço prestado pela área de gestão de materiais é mensurada pela disponibilidade de materiais para pronto atendimento.

A partir da classificação ABC dos itens foi possível priorizar quais deles necessitam de atenção especial (classe A) e quais são de mais fácil aquisição ou não necessitam de tantos recursos (classe C), sendo mais simples seu controle e eventual aquisição em caso de ruptura de estoque.

Como sugestão de estudos futuros, tem-se a quantificação dos lotes econômicos de compras durante o ano, para minimizar a utilização dos espaços no almoxarifado e reduzir a imobilização desnecessária de capital, assim como a determinação de estoques mínimos de insumos industriais para melhorar o tempo de reparo dos navios em manutenção na base.

A contribuição deste artigo à sociedade foi demonstrar a importância da aplicação de ferramentas estatísticas para apoio à tomada de decisão empresarial, à teoria foi a validação de métodos de análise de demanda e mensuração de erros para gerar melhores previsões, à técnica foi a utilização de métodos simples para gerar resultados tão relevantes quanto à aplicação de métodos mais robustos e dispendiosos, à universidade em que foi feita e ao grupo de pesquisa em que se insere foi a aplicação prática dos conhecimentos desenvolvidos na academia. Especialmente deve ser ressaltada a relevância para a Engenharia de Produção.

REFERÊNCIAS

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2006.

BRASIL. **Lei 8.666 (1993) Lei de Licitações**. Senado Federal, Brasília: Disponível em: < <https://www2.camara.leg.br/> >. Acesso em: 29/05/2020.

CARDOSO, M.V. **Otimização da previsão de consumo de materiais na manutenção de material rodante**. Monografia – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Belo Horizonte, 2006.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de material**. São Paulo: Atlas, 2009.

FENILI, Renato. **Administração de recursos materiais e patrimoniais para concurso: abordagem completa**. São Paulo: Método, 2011.

MAKRIDAKIS, S.; Wheelwright, S.; Hyndman, R. J., **Forecasting methods and applications**, 3ª ed, New York: John Wiley & Sons, 1998.

MENDONÇA, J.; Ribeiro, T.X. **Utilização da curva ABC como proposta de melhoria para gestão de estoques em uma confecção de lingerie**. Anais do V Simpósio de Engenharia de Produção -SIMEP. Joinville/SC, 2017. ISSN 2318-9258. DOI: 10.29327/15421.

MESQUITA, M.A.; Quelhas, O.; Oliveira, R.; Lustosa, L. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

NOVAES, A.G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operações e Avaliação** – 4ª Reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

REIS, D.L.; Paixão, D.L.; Reis, J.F.L. **Aplicação de Métodos de Previsão de Demanda de um produto em uma Empresa de Alimentos**. Anais do VI Simpósio de Engenharia de Produção – SIMEP. Salvador/BA, 2018. ISSN 2318-9258. DOI: 10.29327/15588.

SANTOS, M.; Pimenta, V.A.; Lauria, R.L.; Chaves, M.B.M. **Cálculo da previsão de demanda de uma multinacional**. Brazilian Journal of Development. Curitiba, v. 4, n. 6, p. 3035-3052, 2018.

WANKE, P.; Julianelli, L. **Previsão de Vendas: Processos Organizacionais & Métodos Quantitativos e Qualitativos**. São Paulo: Atlas, 2006.

WANKE, Peter F. **Logística para MBA Executivo em 12 lições**. São Paulo: Atlas, 2010.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aplicação real 133

Autopeças 70, 71, 73, 75, 80

B

Biotecnologia 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 117, 118

D

Descarte 70

DMAIC 16, 17, 18, 19, 21, 26, 28

Doenças ocupacionais 44, 45, 55, 56

E

Erros de previsão 93, 98

Estaleiros 82

G

Gestão da qualidade 1, 2, 4, 6, 15, 28

I

Indicadores operacionais 133

Indústria calçadista 1, 2, 16

L

Lean Manufacturing 16, 17, 18, 28, 29

Lei 46, 63, 70, 71, 73, 74, 80, 81, 94, 104

Logístico 68, 70, 71, 72, 74, 75, 77, 79, 80

M

Manutenção 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 56, 61, 94, 103, 104, 139, 141

Melhoria contínua 2, 13, 14, 16, 28, 134

Métodos de previsão 93, 94, 96, 98, 101, 105

Modelo de negócio 106, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 117, 118

P

Previsão de demanda 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 102, 103, 105

Problema instalação 82

Procedimento de transição 82, 83, 86, 90, 92

Produtividade 3, 30, 31, 32, 36, 38, 40, 43, 45, 57

R

Relacionamento 2, 14, 30, 42, 109, 112

Resíduos 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 151, 152

Riscos 44, 45, 46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 69, 74, 80, 109, 110

Roubo de carga 58, 63, 64, 66, 67, 69

S

Segurança no trabalho 44, 45, 56, 57

Seis Sigma 16, 17, 18, 20, 21, 26, 28, 29

Setor alimentício 58, 60

Spin-off 106, 107, 113, 114, 117

T

Tambor-pulmão 133, 134, 135, 136, 144

Teoria das restrições 133, 143, 144

Transporte 35, 39, 42, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 141, 149

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:

Além dos Produtos e Sistemas Produtivos 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:

Além dos Produtos e Sistemas Produtivos 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021