

# EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS 2

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2019

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves  
(Organizador)

# Educação Matemática e suas Tecnologias 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

## Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

## Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E24	Educação matemática e suas tecnologias 2 [recurso eletrônico] / Organizador Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Educação Matemática e suas Tecnologias; v. 2)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-348-4 DOI 10.22533/at.ed.484192405  1. Matemática – Estudo e ensino – Inovações tecnológicas. 2. Tecnologia educacional. I. Gonçalves, Felipe Antonio Machado Fagundes. II. Série.  CDD 510.7
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “Educação Matemática e suas tecnologias” é composta por quatro volumes, que vêm contribuir de maneira muito significativa para o Ensino da Matemática, nos mais variados níveis de Ensino. Sendo assim uma referência de grande relevância para a área da Educação Matemática. Permeados de tecnologia, os artigos que compõem estes volumes, apontam para o enriquecimento da Matemática como um todo, pois atinge de maneira muito eficaz, estudantes da área e professores que buscam conhecimento e aperfeiçoamento. Pois, no decorrer dos capítulos podemos observar a matemática aplicada a diversas situações, servindo com exemplo de práticas muito bem sucedidas para docentes da área. A relevância da disciplina de Matemática no Ensino Básico e Superior é inquestionável, pois oferece a todo cidadão a capacidade de analisar, interpretar e inferir na sua comunidade, utilizando-se da Matemática como ferramenta para a resolução de problemas do seu cotidiano. Sem dúvidas, professores e pesquisadores da Educação Matemática, encontrarão aqui uma gama de trabalhos concebidos no espaço escolar, vislumbrando possibilidades de ensino e aprendizagem para diversos conteúdos matemáticos. Que estes quatro volumes possam despertar no leitor a busca pelo conhecimento Matemático. E aos professores e pesquisadores da Educação Matemática, desejo que esta obra possa fomentar a busca por ações práticas para o Ensino e Aprendizagem de Matemática.

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
O ALGORITMO ESPECTRAL COMO ALTERNATIVA AO ALGORITMO K-MEANS EM CONJUNTO DE DADOS ARTIFICIAIS	
Luciano Garim Garcia Leonardo Ramos Emmendorfer	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4841924051</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>16</b>
NOVAS RELAÇÕES NA MATRIZ DE TRANSFORMAÇÃO DA TRANSFORMADA NUMÉRICA DE PASCAL	
Arquimedes José De Araújo Paschoal Ricardo Menezes Campello De Souza Hélio Magalhães De Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4841924052</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
ALGORITMOS RÁPIDOS PARA O CÁLCULO DA TRANSFORMADA NUMÉRICA DE PASCAL	
Arquimedes José De Araújo Paschoal Ricardo Menezes Campello De Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4841924053</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>32</b>
ANÁLISE DE CÁLCULO DIFERENCIAL USANDO O SOFTWARE GEOGEBRA	
Amanda Barretos Lima Garuth Brenda Anselmo Mendes Isabela Geraldo Reghin Rosângela Teixeira Guedes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4841924054</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
DEFLEXÃO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SOLUÇÃO ANALÍTICA E NUMÉRICA VIA MÉTODO DAS DIFERENÇAS FINITAS	
Mariana Coelho Portilho Bernardi Adilandri Mércio Lobeiro Jeferson Rafael Bueno Thiago José Sepulveda da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4841924055</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
MODELO MATEMÁTICO PARA AUXILIAR O PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE MOTORES ELÉTRICOS	
Thalita Monteiro Obal Jonatas Santana Obal	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4841924056</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>64</b>
PRINCÍPIO DA SUPERPOSIÇÃO E SOLUÇÃO NUMÉRICA DO PROBLEMA DE FLUXO EM AQUÍFERO CONFINADO	
<a href="#">João Paulo Martins dos Santos</a> <a href="#">Alessandro Firmiano de Jesus</a> <a href="#">Edson Wendland</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4841924057</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>83</b>
RESONANT ORBITAL DYNAMICS OF CBERS SATELLITES	
<a href="#">Jarbas Cordeiro Sampaio</a> <a href="#">Rodolpho Vilhena de Moraes</a> <a href="#">Sandro da Silva Fernandes</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4841924058</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>91</b>
TESTES ADAPTATIVOS ENVOLVENDO O CONTEÚDO DE DERIVADAS: UM ESTUDO DE CASO COM ALUNOS DE ENGENHARIA CIVIL	
<a href="#">Patrícia Liane Grudzinski da Silva</a> <a href="#">Claudia Lisete Oliveira Groenwald</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4841924059</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>104</b>
LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO POR ANÁLISE DE SINAIS TRANSITÓRIOS DE TENSÃO	
<a href="#">Danilo Pinto Moreira de Souza</a> <a href="#">Eliane da Silva Christo</a> <a href="#">Aryfrance Rocha Almeida</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240510</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>116</b>
MODELAGEM DA PROPAGAÇÃO DE FUMAGINA CAUSADA POR MOSCA-BRANCA EM CULTURAS AGRÍCOLA	
<a href="#">Gustavo Henrique Petrolí</a> <a href="#">Norberto Anibal Maidana</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240511</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>133</b>
LOS SUBNIVELES DE DESARROLLO DEL ESQUEMA DE DERIVADA: UN ESTUDIO EXPLORATORIO EN EL NIVEL UNIVERSITARIO	
<a href="#">Claudio Fuentealba</a> <a href="#">Edelmira Badillo</a> <a href="#">Gloria Sánchez-Matamoros</a> <a href="#">Andrea Cárcamo</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240512</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>143</b>
OTIMIZAÇÃO BASEADA EM CONFIABILIDADE PARA A MINIMIZAÇÃO DE FUNÇÕES MATEMÁTICAS	
<a href="#">Márcio Aurélio da Silva</a> <a href="#">Fran Sérgio Lobato</a> <a href="#">Aldemir Ap Cavalini Jr</a> <a href="#">Valder Steffen Jr</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240513</b>	

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>156</b>
SEQUÊNCIAS: INTERVALARES E FUZZY	
Gino Gustavo Maqui Huamán	
Ulcilea Alves Severino Leal	
Geraldo Nunes Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240514</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>164</b>
VALIDAÇÃO DO MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS PARA O ESCOAMENTO DE GRÃOS DE SOJA	
Rodolfo França de Lima	
Vanessa Faoro	
Manuel Osório Binelo	
Dirceu Lima dos Santos	
Adriano Pilla Zeilmann	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240515</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>181</b>
TAREAS DE GENERALIZACIÓN POR INDUCCIÓN PARA FORMAR EL CONCEPTO DE POTENCIA	
Landy Sosa Moguel	
Guadalupe Cabañas-Sánchez	
Eddie Aparicio Landa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240516</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>192</b>
SINCRONISMO EM UM NOVO MODELO METAPOPOPULACIONAL COM TAXA DE MIGRAÇÃO INDEPENDENTE DA DENSIDADE	
Francisco Helmuth Soares Dias	
Jacques Aveline Loureiro da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240517</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>199</b>
SIMULAÇÃO 3D DO FLUXO DE AR DE UM SISTEMA REAL DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS	
Vanessa Faoro	
Rodolfo França de Lima	
Aline Tampke Dombrowski	
Manuel Osório Binelo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240518</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>207</b>
CONTROLE ÓTIMO DO FLUXO DE ÁGUA EM UMA FÔRMA DE GELO	
Xie Jiayu	
João Luis Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240519</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>213</b>
CÓDIGOS CÍCLICOS DEFINIDOS POR ANULAMENTO	
Conrado Jensen Teixeira	
Osnel Broche Cristo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240520</b>	

<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>216</b>
ANÁLISE TEÓRICO-EXPERIMENTAL DE DISPERSÃO DE UM CONTAMINANTE COM TRANSFORMAÇÕES INTEGRAIS E INFERÊNCIA BAYESIANA	
Bruno Carlos Lugão	
Diego Campos Knupp	
Pedro Paulo Gomes Watts Rodrigues	
Antônio José da Silva Neto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240521</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>225</b>
ANÁLISE WAVELET DE TACOGRAMAS TEÓRICOS E EXPERIMENTAIS	
Ronaldo Mendes Evaristo	
Kelly Cristiane Iarosz	
Silvio Luiz Thomaz de Souza	
Ricardo Luiz Viana	
Moacir Fernandes de Godoy	
Antonio Marcos Batista	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240522</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>235</b>
CONSTRUÇÃO DE UM AEROMODELO DE MACARRÃO NO ENSINO DE MATEMÁTICA E FÍSICA	
Alissan Sarturato Firão	
Ernandes Rocha de Oliveira	
Zulind Luzmarina Freitas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48419240523</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>239</b>

## MODELO MATEMÁTICO PARA AUXILIAR O PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE MOTORES ELÉTRICOS

**Thalita Monteiro Obal**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Guarapuava/PR

**Jonatas Santana Obal**

Cooperativa Agrária

Guarapuava/PR

**RESUMO:** A escolha de motores elétricos para manutenção preventiva em uma parada de máquinas de indústria é complexa devido às várias características envolvidas. Este trabalho propõe um modelo matemático para auxiliar na solução deste problema. A metodologia é aplicada na Indústria de Óleo e Farelo da Cooperativa Agrária que possui 224 motores, com limite monetário para revisão preventiva. Para a escolha dos motores, os dados de entrada do modelo matemático são: tamanho do motor, tempo decorrido desde a última revisão, tempo para troca do motor, criticidade e custo de manutenção. Os resultados obtidos com o modelo proposto foram satisfatórios, e apresentaram melhorias se comparados à outras metodologias empregadas no problema. **PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção preventiva, motores elétricos, modelo multiobjetivo, método exato.

### 1 | INTRODUÇÃO

A manutenção preventiva tem como objetivo evitar ou reduzir falhas em equipamentos antes que elas aconteçam e manter o desempenho destes com segurança e confiabilidade.

Para tal manutenção é necessário um planejamento prévio do que será executado, já que se trata de uma manutenção que é realizada durante um tempo pré-estabelecido e acontece com a indústria ou o equipamento fora de funcionamento (PINTO & XAVIER, 2006).

Como, de modo geral, não é possível realizar manutenção em toda planta da indústria, se faz necessário escolher quais equipamentos serão revisados, considerando diversos fatores envolvidos, os quais acarretam gastos. Por exemplo, para o caso de manutenção preventiva de motores elétricos, consideram-se os seguintes fatores:

- tempo deste motor em funcionamento;
- criticidade do equipamento em que o motor está instalado;
- vida útil dos rolamentos;
- custo monetário da sua manutenção;
- existência de um motor reserva;
- tempo de substituição deste motor;

- tempo em que este equipamento pode ficar parado;
- dados da manutenção preditiva;
- local de instalação;
- entre outros.

Observando os fatores envolvidos, pode-se notar a complexidade da escolha de quais motores revisar na manutenção preventiva. Por exemplo, é melhor revisar um motor com menos tempo de funcionamento e criticidade elevada, ou um motor com mais tempo de funcionamento e tempo elevado para substituição? Na prática da indústria, cabe ao especialista esta tomada de decisão, a qual é extremamente complexa e foge da capacidade humana.

Obal et al (2017) resolveram este problema utilizando Algoritmo Genético. Os resultados encontrados apresentaram melhorias, se comparadas à escolha feita manualmente pelo especialista decisor. Porém, por se tratar de uma metaheurística, não há garantia de obtenção de solução ótima.

Desta forma, este trabalho propõe um modelo matemático, resolvido por método exato (logo apresenta solução ótima), que auxilie na tomada de decisão de quais motores elétricos enviar para manutenção em uma parada de planta.

## 2 | MANUTENÇÃO PREVENTIVA

O termo “manutenção”, segundo a concepção de Monchy (1989), vem do vocabulário militar e significava manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material num nível constante. Na indústria, seu surgimento ocorreu nos Estados Unidos, nos anos 50.

Neste período, e ainda durante período posterior, os aspectos mais conhecidos da manutenção caracterizavam-se como sendo de serviços repetitivos e de rotina, pura troca de peças, pouca técnica, improvisações e emergências. Ou seja, num passado histórico, a manutenção era considerada como fator de custos e gastos (RAMOS (2009)).

Posteriormente, percebe-se a importância da manutenção para a lucratividade da empresa (MORAES et. al (2017)).

Nicoletti (2005) afirma que as áreas de manutenção, quando identificadas e otimizadas dentro da cadeia de valor da organização, podem oferecer vantagem competitiva. As vantagens da manutenção abrangem redução de custos, aumento da lucratividade, garantia da eficiência dos equipamentos, aumento da capacidade do processo, diminuição do risco de acidentes.

Desta forma, é essencial, especialmente no cenário da indústria hoje, caracterizadas por unidade de grande volume de produção e de alta complexidade, a necessidade de estratégias de manutenção.

Dentre as formas de manutenção, estão (OTANI & MACHADO (2008)):

- Manutenção corretiva - é a atuação para correção de falha ou do desempenho menor que o esperado.
- Manutenção preventiva - é a atuação realizada para reduzir falhas ou queda no desempenho, obedecendo a um planejamento baseado em períodos estabelecidos de tempo.
- Manutenção preditiva - é um conjunto de atividades de acompanhamento das variáveis ou parâmetros que indicam o desempenho dos equipamentos, de modo sistemático, visando a definir a necessidade ou não de intervenção.
- Manutenção detectiva - é a atuação efetuada em sistemas de proteção ou comando, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

Neste cenário, o presente trabalho abrange a manutenção preventiva de motores elétricos.

Com intuito de evitar falhas e paradas não programadas, a revisão dos motores elétricos de maior importância é essencial na manutenção preventiva. Assim, esta pesquisa auxilia na tomada de decisão de qual motor revisar, haja visto impossibilidade de revisar todos os motores elétricos na indústria do estudo de caso apresentado.

### 3 | MODELO DE OTIMIZAÇÃO MULTIOBJETIVO

Esta seção apresenta o modelo de otimização multiobjetivo para o problema da escolha de motores elétricos para a manutenção preventiva. Considera-se que há um número fixo de motores elétricos na indústria, e que o número de motores a serem escolhidos para manutenção elétrica esteja limitado apenas pelo valor monetário disponível. Deseja-se revisar o máximo de motores possíveis, dentro do limite orçamentário, escolhendo os de maior prioridade.

#### Parâmetros

$n$ : número total de motores

$a_j$ : custo monetário de levar o motor para manutenção

$h$ : limite monetário

$m$ : número de características dos motores (como tempo de manutenção, criticidade, etc)

$b_j$ : valor da característica do motor

## Variáveis de decisão

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{se o motor } i \text{ for escolhido para manutenção} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$
$$i = 1, \dots, n$$

## Restrições

$$\sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i \leq \eta$$

## Funções objetivo

$$f_j = \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i, \quad \forall j$$
$$j = 1, \dots, m$$

As funções objetivos serão de maximização ou minimização, dependendo da característica  $j$ . Se, quanto maior o valor da característica mais urgente a manutenção, considera-se maximizar  $f_j$ , caso contrário, minimiza-se  $f_j$ . As características a se maximizar pertencem ao conjunto  $j^+$  e, caso contrário, ao  $j^-$ .

## Modelo multiobjetivo

$$\text{Max } f_j = \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i, \quad \forall j \in j^+ \quad (1)$$

$$\text{Min } f_j = \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i, \quad \forall j \in j^- \quad (2)$$

s. a

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i \leq \eta \\ x_i = \{0,1\} \end{cases} \quad (3)$$

$$(4)$$

### 3.1 Metodologia de Solução

Utilizou-se o método da soma ponderada dos objetivos. Assim, no modelo (5)-(7) proposto, os pesos  $c_j$  dos objetivos são dados pelas preferências do especialista decisor.

Neste caso, como as funções objetivo tem unidades de medidas diferentes, se faz necessário a normalização dos dados.

$$\text{Max } z = \sum_{j^+} c_j \cdot f_j - \sum_{j^-} c_j \cdot f_j \quad (5)$$

s. a

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i \leq \eta \\ x_i = \{0,1\} \end{array} \right. \quad (6)$$

(7)

O modelo é resolvido por metodologia exata, assim, as soluções encontradas são soluções ótimas, dadas as preferências do especialista decisor.

## 4 | APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Periodicamente a Cooperativa Agrária realiza processos de parada em máquinas, ou de partes de processos de fabricação, para realização de manutenção preventiva. Para uma inspeção mais minuciosa e detalhada nos motores elétricos, uma vez ao ano a indústria para os processos de fabricação para tal manutenção. Contudo, devido ao número de motores e ao custo de manutenção, apenas alguns são selecionados para esta manutenção.

Devido à complexidade de escolha dos motores, a necessidade de uma metodologia que auxilie na tomada de decisão é imprescindível.

Assim, a metodologia proposta neste trabalho foi aplicada ao problema da escolha de motores elétricos para manutenção anual na Indústria de Óleo e Farelo da Cooperativa Agrária. Esta indústria possui ao todo 224 motores elétricos, dentre os quais limita-se o número de motores para a manutenção preventiva pelo custo monetário da manutenção.

Consideraram-se as seguintes informações dos motores elétricos:

- (i) tamanho do motor, indicado pela sua potência (quanto maior a potência, maior o motor);
- (ii) tempo decorrido desde a última revisão (em dias);
- (iii) tempo para troca do motor (em horas);
- (iv) criticidade;
- (v) custo de manutenção (em R\$).

A sessão a seguir apresenta a aplicação do modelo proposto para todo o conjunto de motores da indústria.

### 4.1 Aplicação do modelo matemático ao problema da escolha de motores na indústria

O modelo proposto foi resolvido com auxílio do software CPLEX, num computador Intel Core i7, com processador 3.40GHz e 8.00 GB de RAM.

Os dados são relativos ao ano de 2017, considerando o conjunto de 224 motores

elétricos da Indústria de Óleo e Farelo da Cooperativa Agrária. No referido ano, o limite monetário para esta manutenção foi  $h=R\$240.000,00$ .

Foram considerados pesos equivalentes para todas as funções objetivo  $f_j$ , ou seja, todas as características tem igual importância. Além disso, todas as características utilizadas na aplicação do modelo ao problema são de tal forma que, quanto maior seu valor, mais urgente é a manutenção, logo, há necessidade de somente maximizar a soma das funções objetivo  $f_j$ .

A tabela 1 apresenta a solução proposta manualmente pelo especialista da indústria e a solução ótima obtida pela aplicação de método exato no modelo.

Tipo de solução	N. de motores escolhidos	% de equivalência	Custo monetário	Valor de z	% de melhoria de z
Manual	182	92,31	241.017,68	3,27	17,97
Exata	188		239.990,35	3,86	

Tabela 1: Comparação da solução manual com a do modelo matemático

A partir dos dados obtidos e resumidos na tabela 1, pode-se notar que a solução exata escolhe mais motores para revisão, com percentual de equivalência de 92,31% em relação aos motores escolhidos manualmente. A solução do modelo obedeceu ao limite monetário imposto, o que não ocorreu com a solução manual. O percentual de melhoria no valor de z para a solução do modelo foi de aproximadamente 18% em relação à solução manual.

Observando os valores obtidos, nota-se que a solução do modelo é melhor que a solução manual, pois revisa mais motores, dentro do limite orçamentário e, ao mesmo, tempo, com maior valor da função objetivo z.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a otimização dos processos de fabricação, a manutenção preventiva em motores elétricos numa parada de máquinas é essencial em uma indústria. Contudo, como dificilmente todos os motores são revisados, a escolha de quais motores passarão por manutenção é uma tarefa complexa.

Desta forma, este trabalho propôs um modelo matemático de otimização para auxiliar na escolha de quais motores realizar manutenção.

O modelo foi aplicado aos dados da Indústria de Óleo e Farelo da Cooperativa Agrária, considerando a escolha dos motores elétricos para manutenção com a maximização de características específicas destes motores, com restrição de custo monetário.

A solução apresentada pelo modelo foi superior à solução proposta manualmente pelo especialista, tanto em termos de valor z, quanto em número de motores revisados.

Como trabalhos futuros, pode-se verificar a inclusão de outras características, a aplicação do modelo para dados referentes à outros anos, assim como avaliar o uso de outros métodos de solução do modelo multiobjetivo proposto.

## REFERÊNCIAS

- JONES, D. TAMIZ, M. **Practical Goal Programming**. International Series in Operations Research & Management Science 141 Springer, 2010.
- MORAIS, C. L. MARQUES, L. P. F. BELINOVSKI, L. F. A. S. **Estudo e implementação de um plano de manutenção preventiva para motores elétricos assíncronos trifásicos com equipamento fora de serviço**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – UTFPR, Ponta Grossa, 2017.
- MONCHY, F. **A função manutenção: formação para a gerência da manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Durban, 1989.
- NICOLETTI, J. R. **Gestão de facilidades**. Novatec Editora, 2006.
- OBAL, T. M. OBAL, J. S. KLAUS, A. Algoritmo Genético aplicado na escolha de motores elétricos para manutenção preventiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS, 32., 2017, Curitiba. **Anais**. Curitiba/PR.
- OTANI, M. M.W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial, v. 04, n. 02., p. 01-16, 2008.
- PINTO, A. K. XAVIER, J. de A. N. **Manutenção: Função Estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.
- RAMOS, F. A. **Influência da manutenção em uma fábrica de transformação de plásticos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**FELIPE ANTONIO MACHADO FAGUNDES GONÇALVES** Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná(UTFPR) em 2018. Licenciado em Matemática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em 2015 e especialista em Metodologia para o Ensino de Matemática pela Faculdade Educacional da Lapa (FAEL) em 2018. Atua como professor no Ensino Básico e Superior. Trabalha com temáticas relacionadas ao Ensino desenvolvendo pesquisas nas áreas da Matemática, Estatística e Interdisciplinaridade.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-348-4

