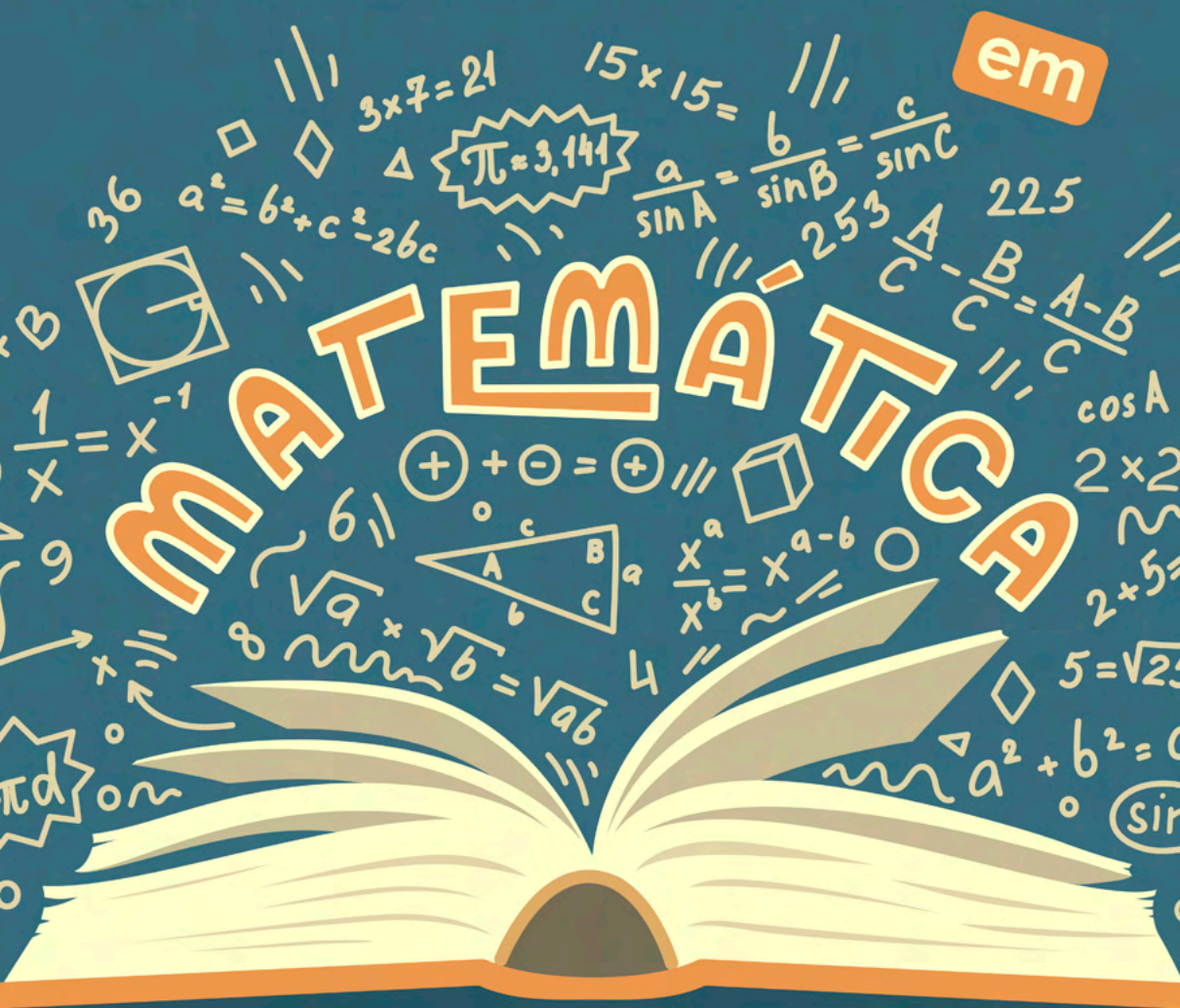


Américo Junior Nunes da Silva  
André Ricardo Lucas Vieira  
(Organizadores)

# PESQUISAS DE VANGUARDA



e suas aplicações

Atena  
Editora  
Ano 2021

2

Américo Junior Nunes da Silva  
André Ricardo Lucas Vieira  
(Organizadores)

# PESQUISAS DE VANGUARDA



e suas aplicações

Atena  
Editora  
Ano 2021

2

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

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.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 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 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 Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## Pesquisas de vanguarda em matemática e suas aplicações 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Américo Junior Nunes da Silva  
André Ricardo Lucas Vieira

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P474 Pesquisas de vanguarda em matemática e suas aplicações  
2 / Organizadores Américo Junior Nunes da Silva,  
André Ricardo Lucas Vieira. – Ponta Grossa - PR: Atena,  
2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-773-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.731220601>

1. Matemática. I. Silva, Américo Junior Nunes da  
(Organizador). II. Vieira, André Ricardo Lucas (Organizador).  
III. Título.

CDD 510

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

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



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

## 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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A Pandemia do novo coronavírus pegou todos de surpresa. De repente, ainda no início de 2020, tivemos que mudar as nossas rotinas de vida e profissional e nos adaptar a um “novo normal”, onde o distanciamento social foi posto enquanto a principal medida para barrar o contágio da doença. As escolas e universidades, por exemplo, na mão do que era posto pelas autoridades de saúde, precisaram repensar as suas atividades.

Da lida diária, no que tange as questões educacionais, e das dificuldades de inclusão de todos nesse “novo normal”, é que contexto pandêmico começa a escancarar um cenário de destrato que já existia antes mesmo da pandemia. Esse período pandêmico só desvelou, por exemplo, o quanto a Educação no Brasil acaba, muitas vezes, sendo uma reprodutora de Desigualdades.

O contexto social, político e cultural, como evidenciaram Silva, Nery e Nogueira (2020), tem demandado questões muito particulares para a escola e, sobretudo, para a formação, trabalho e prática docente. Isso, de certa forma, tem levado os gestores educacionais a olharem para os cursos de licenciatura e para a Educação Básica com outros olhos. A sociedade mudou, nesse cenário de inclusão, tecnologia e de um “novo normal”; com isso, é importante olhar mais atentamente para os espaços formativos, em um movimento dialógico e pendular de (re)pensar as diversas formas de se fazer ciências no país. A pesquisa, nesse interim, tem se constituído como um importante lugar de ampliar o olhar acerca das inúmeras problemáticas, sobretudo no que tange ao conhecimento matemático (SILVA; OLIVEIRA, 2020).

É nessa sociedade complexa e plural que a Matemática subsidia as bases do raciocínio e as ferramentas para se trabalhar em outras áreas; é percebida enquanto parte de um movimento de construção humana e histórica e constitui-se importante e auxiliar na compreensão das diversas situações que nos cerca e das inúmeras problemáticas que se desencadeiam diuturnamente. É importante refletir sobre tudo isso e entender como acontece o ensino desta ciência e o movimento humanístico possibilitado pelo seu trabalho.

Ensinar Matemática vai muito além de aplicar fórmulas e regras. Existe uma dinâmica em sua construção que precisa ser percebida. Importante, nos processos de ensino e aprendizagem da Matemática, priorizar e não perder de vista o prazer da descoberta, algo peculiar e importante no processo de matematizar. Isso, a que nos referimos anteriormente, configura-se como um dos principais desafios do educador matemático, como assevera D’Ambrósio (1993), e sobre isso, de uma forma muito particular, abordaremos nesta obra.

É neste sentido, que o volume 2 do livro “**Pesquisas de Vanguarda em Matemática e suas Aplicações**” nasceu: como forma de permitir que as diferentes experiências do professor pesquisador que ensina Matemática e do pesquisador em Matemática aplicada sejam apresentadas e constituam-se enquanto canal de formação para educadores da



Educação Básica e outros sujeitos. Reunimos aqui trabalhos de pesquisa e relatos de experiências de diferentes práticas que surgiram no interior da universidade e escola, por estudantes e professores pesquisadores de diferentes instituições do país.

Esperamos que esta obra, da forma como a organizamos, desperte nos leitores provocações, inquietações, reflexões e o (re)pensar da própria prática docente, para quem já é docente, e das trajetórias de suas formações iniciais para quem encontra-se matriculado em algum curso de licenciatura. Que, após esta leitura, possamos olhar para a sala de aula e para o ensino de Matemática com outros olhos, contribuindo de forma mais significativa com todo o processo educativo. Desejamos, portanto, uma ótima leitura.

Américo Junior Nunes da Silva

André Ricardo Lucas Vieira

## REFERÊNCIAS

DÁMBROSIO, Beatriz S. Formação de Professores de Matemática Para o Século XXI: O Grande Desafio. **Pro-Posições**. v. 4. n. 1 [10]. 1993.

SILVA, A. J. N. DA; NERY, ÉRICA S. S.; NOGUEIRA, C. A. Formação, tecnologia e inclusão: o professor que ensina matemática no “novo normal”. **Plurais Revista Multidisciplinar**, v. 5, n. 2, p. 97-118, 18 ago. 2020.

SILVA, A. J. N. da; OLIVEIRA, C. M. de. A pesquisa na formação do professor de matemática. **Revista Internacional de Formação de Professores**, [S. l.], v. 5, p. e020015, 2020. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/rifp/article/view/41>. Acesso em: 18 maio. 2021.


## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

PESQUISAS EM HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: UMA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO ENSINO DE MATEMÁTICA EM ALGUMAS INSTITUIÇÕES ESCOLARES DO BRASIL

Edivânia Graciela Neves Lima

Gladys Denise Wielewski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7312206011>

### **CAPÍTULO 2..... 12**


ASSESSMENT BELIEFS AND PRACTICES IN PRIMARY SCHOOL MATHEMATICS EDUCATION IN BRAZIL

Jutta Cornelia Reuwsaat Justo

Ednei Luís Becher

Marja van den Heuvel-Panhuizen

Michiel Veldhuis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7312206012>

### **CAPÍTULO 3..... 22**


REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DOS PROFESSORES DE MATEMÁTICA DE DUAS ESCOLAS PÚBLICAS DA CIDADE DE PARAÍSO DO TOCANTINS SOBRE O USO DO GEOGEBRA COMO FERRAMENTA DE ENSINO

Elismar Dias Batista

William Isao Tokura

Jeidy Johana Jimenez Ruiz

Priscila Marques Kai

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7312206013>


### **CAPÍTULO 4..... 34**

LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS EN LA FORMACIÓN DE DOCENTES. PLAN DE ESTUDIOS 2012

Edith Arévalo Vázquez

Hilda Alicia Guzmán Elizondo

Nancy Bernardina Moya González

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7312206014>

### **CAPÍTULO 5..... 47**

CONSTRUINDO O CONCEITO E OPERACIONALIZANDO FRAÇÕES COM MATERIAIS CONCRETOS – VERSÃO COMPLETA


Givaldo da Silva Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7312206015>

### **CAPÍTULO 6..... 64**

O VOLUME DO PARALELEPÍPEDO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NAS UARC'S

Leandro Pantoja da Costa


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7312206016>

**CAPÍTULO 7..... 84**

A LUDICIDADE E O ENSINAR MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO: O QUE REVELAM ALGUMAS PRODUÇÕES ESCRITAS?

José Duilson Filho

Américo Junior Nunes da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7312206017>


**CAPÍTULO 8..... 103**

DISCALCULIA DO DESENVOLVIMENTO: CARACTERÍSTICAS, AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO

Talita Neves Silva

Roberta D'Angela Menduni-Bortoloti


Isabel Cristina Lara Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7312206018>

**CAPÍTULO 9..... 113**

ESTUDO QUANTITATIVO DO DESEMPENHO DISCENTE ATRAVÉS DO PROJETO PRÉ-CALOURO E NIVELAMENTO DA ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA EST/UEA

Elaine Ladislau Ferreira Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7312206019>


**CAPÍTULO 10..... 122**

ANÁLISE PRELIMINAR DA DINÂMICA DO VÍRUS HBV POR MEIO DE DERIVADAS FRACIONÁRIAS

Lislaine Cristina Cardoso

Fernando Luiz Pio dos Santos

Rubens Figueiredo Camargo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060110>

**CAPÍTULO 11..... 131**

METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DA MATEMÁTICA: O USO DA PLATAFORMA MENTIMETER NA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS ESTATÍSTICOS


Anderson Dias da Silva

Geriane Pereira da Silva

Joás Mariano da Silva Júnior

Carla Saturnina Ramos de Moura

Lucília Batista Dantas Pereira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060111>

**CAPÍTULO 12..... 142**

MODELO PARA RESOLVER PROBLEMAS DE RESTAURAÇÃO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Guilherme Florindo Afonso

Antonio Marcos Cossi


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060112>

**CAPÍTULO 13..... 147**

ESTILOS DE APRENDIZAJE DE LOS ALUMNOS DE MÉTODOS NUMÉRICOS A NIVEL LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN PUEBLA

Carlos David Zapata y Sánchez

María Guadalupe López Molina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060113>

**CAPÍTULO 14..... 158**

ANÁLISIS COGNITIVO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA EN LA RESOLUCIÓN DE UN PROBLEMA MATEMÁTICO


Leopoldo Zúñiga-Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060114>

**CAPÍTULO 15..... 168**

“BOLA AO CESTO”: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO DE MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO INFANTIL

Claudia Croce Costalonga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060115>

**CAPÍTULO 16..... 175**

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E AVALIAÇÃO PARA A APRENDIZAGEM EM MATEMÁTICA

Márcio Pironel

Lourdes de la Rosa Onuchic

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060116>

**CAPÍTULO 17..... 186**


¿QUÉ COMPETENCIAS APORTA ANÁLISIS MATEMÁTICO 2 AL GRADUADO DE INGENIERÍA?

Sara Aida Alaniz

Gladys Carmen May

Marcela Natalia Baracco

Roberto Javier Simunovich

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060117>

**CAPÍTULO 18..... 200**


A UTILIZAÇÃO DA HISTÓRIA DA MATEMÁTICA COMO SUBSÍDIO PARA A CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DE RAZÃO, PROPORÇÃO E TEOREMA DE TALES





Elismar Dias Batista

Willian Isao Tokura

Jeidy Johana Jimenez Ruiz

Priscila Marques Kai

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060118>

<b>CAPÍTULO 19.....</b>	<b>206</b>
ANÁLISIS ESTADÍSTICO APLICADO EN LA PROPOSICIÓN DE UNA RED DE CICLOVÍAS EN EL GRAN SAN JUAN	
Mariana Laura Espinoza Aníbal Leodegario Altamira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060119">https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060119</a>	
<b>CAPÍTULO 20.....</b>	<b>218</b>
GÉNESIS INSTRUMENTAL DE LA NOCIÓN DE FRACTAL EN PROFESORES DE MATEMÁTICAS DE NIVEL SECUNDARIO	
Daisy Julissa García-Cuéllar Mihály André Martínez-Miraval Jesús Victoria Flores Salazar	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060120">https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060120</a>	
<b>CAPÍTULO 21.....</b>	<b>228</b>
ESTIMATIVAS DA NORMA DO SUP DE SOLUÇÕES LIMITADAS DE EQUAÇÕES DE DIFUSÃO NÃO LINEARES	
Valéria de Fátima Maciel Cardoso Brum Paulo Ricardo de Ávila Zingano	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060121">https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060121</a>	
<b>CAPÍTULO 22.....</b>	<b>235</b>
FREE VIBRATIONS OF CATENARY RISERS WITH INTERNAL FLUID	
Joseph Arthur Meléndez Vásquez Juan Pablo Julca Ávila	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060122">https://doi.org/10.22533/at.ed.73122060122</a>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>245</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>246</b>

## MODELO PARA RESOLVER PROBLEMAS DE RESTAURAÇÃO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Data de aceite: 01/12/2021

Data de submissão: 03/09/2021

**Guilherme Florindo Afonso**

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –  
FEIS/Unesp  
Ilha Solteira, SP

**Antonio Marcos Cossi**

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –  
FEIS/Unesp  
Ilha Solteira, SP  
<http://lattes.cnpq.br/0899728893178335>

**RESUMO:** Neste trabalho é apresentado um modelo matemático e a técnica de solução BVNS (*Basic Variable Neighborhood Search*) para resolver o problema de restauração de sistemas de distribuição de energia elétrica. O modelo matemático consiste em minimizar as seções do sistema que ficariam sem energia após o seu restabelecimento, sujeito às restrições técnicas, físicas e operacionais do sistema de distribuição. Trata-se de um problema de programação não linear inteiro misto (PNLIM) em que as propostas de solução são obtidas através do algoritmo BVNS. A estrutura de vizinhança do algoritmo BVNS é baseada na técnica Representação Nó-Profundidade (RNP). A melhor solução é aquela que tiver o maior número de seções restauradas, obedecendo as restrições do problema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Restauração, busca em vizinhança variável, sistemas de distribuição.

### MODEL TO SOLVE PROBLEMS OF RESTORATION OF ELECTRIC POWER DISTRIBUTION SYSTEMS

**ABSTRACT:** This work presents a mathematical model and the BVNS (*Basic Variable Neighborhood Search*) solution technique to solve the problem of restoration of electric power distribution systems. The mathematical model consists of minimizing the sections of the system that would be without power after its restoration, subject to the technical, physical and operational restrictions of the distribution system. It is a mixed integer nonlinear programming problem (MINLP) in which the solution proposals are obtained through the BVNS algorithm. The neighborhood structure of the BVNS algorithm is based on the Node-Depth Representation technique. The best solution is the one with the highest number of restored sections, obeying the constraints of the problem.

**KEYWORDS:** Restoration, basic variable neighborhood search, distribution systems.

### 1 | INTRODUÇÃO

O problema de restauração de sistemas de distribuição de energia elétrica (PRSDDE) consiste em restabelecer o sistema reenergizando regiões da rede que ficaram sem energia elétrica devido a interrupções permanentes na rede. Devido a essas interrupções, para manter a qualidade do fornecimento de energia para os consumidores e consequentemente não descumprir as

metas referentes aos índices de qualidade estabelecidos pelos órgãos reguladores, as concessionárias de energia vêm investindo no estudo de modelos e técnicas para o desenvolvimento de ferramentas capazes de minimizar os custos desnecessários e melhorar os índices de qualidade dos serviços prestados aos consumidores. Este fato justifica os investimentos por parte das empresas, já que o descumprimento dessas metas acarretaria multas para a concessionária de energia.

Neste trabalho, o PRSDEE consiste em restabelecer o sistema através de uma topologia de rede que restaure o maior número possível de seções após a interrupção no fornecimento de energia elétrica. O objetivo é tentar minimizar a quantidade de seções da rede de distribuição que ficariam sem energia após o estado restaurativo. Trata-se de um problema de programação não linear inteiro misto (PNLIM), em que cada proposta de solução topológica da rede é obtida através do algoritmo BVNS (*Basic Variable Neighborhood Search*), que significa Busca Básica em Vizinhança Variável (HANSEN, 2001). A estrutura de vizinhança do BVNS é baseada na técnica RNP (Representação Nó-Profundidade) através de uma quantidade de podas na rede (SANTOS, 2007), alterando assim sua estrutura. Além disso, o procedimento de busca local utilizado pelo algoritmo para promover a mudança na estrutura de vizinhança consiste em aplicar podas nas seções afetadas pelas faltas utilizando um dos operadores da RNP.

O objetivo do modelo proposto utilizando o algoritmo BVNS é recompor a rede de distribuição através de alterações topológicas de forma a restabelecer a maior quantidade possível de consumidores que foram afetados pela falha e que ficaram sem energia. Assim, o problema da reconfiguração de redes de distribuição aparece como uma questão a ser resolvida nos diversos problemas de restauração de redes. Trata-se de um problema de otimização combinatória não linear e complexo, em que as regras adotadas pelas concessionárias podem não ser eficientes. Neste caso, justificam-se os estudos e desenvolvimentos de modelos e técnicas de solução aplicadas na resolução deste tipo de problema.

Para validar o modelo proposto, apresentam-se resultados de testes feitos em um sistema de distribuição proveniente da literatura (PÁDUA, 2015). Trata-se de um sistema de distribuição de média tensão e de médio porte contendo 54 seções de carga e 3 subestações.

## 2 | MODELO UTILIZANDO ALGORITMO BVNS

No PRSDEE a função objetivo, equação (1), procura minimizar a quantidade de cargas ( $S_i$ ) das seções  $i$  do sistema que ficariam sem energia no caso de uma interrupção permanente (defeito na rede), em relação ao total de cargas do sistema ( $S_t$ ), mais a quantidade mínima de chaveamentos ( $CH_e$ ), através da abertura e fechamento de chaves  $j$  do sistema, em relação a quantidade máxima possível de chaveamentos ( $CH_t$ ). A variável

$X_i$  indica se a seção pertence ( $X_i = 1$ ) ou não ( $X_i = 0$ ) ao sistema.

A formulação matemática é descrita a seguir.

$$\text{Min } fo \quad (1)$$

$$fo = \frac{\sum_{i=1}^{NS} Sa_i * X_i}{St} + \frac{\sum_{i=1}^{NLch} * CHE_i}{CHT} (\%) \quad (2)$$

As restrições do problema são formadas por um conjunto de equações e inequações que representam: balanço de potência (leis de *kirchhoff*), queda de tensão nas seções da rede, capacidade de operação dos cabos, capacidade de operação das subestações e a radicalidade do sistema.

No PRSDEE as possibilidades de soluções são geradas através de alterações topológicas utilizando a técnica conhecida como Representação Nó-profundidade (RNP), que utiliza os operadores PAO e CAO para promover tais alterações (SANTOS, 2007). Os operadores PAO e CAO trabalham transferindo partes da rede de um alimentador para outro alimentador através da abertura e fechamento de chaves de manobras. Assim, um vizinho de uma configuração corrente se diferencia devido ao estado das chaves de manobras. O Operador PAO faz operações mais simples na rede abrindo e fechando chaves adjacentes e o operado CAO faz operações mais bruscas na rede abrindo e fechando chaves que não são adjacentes. Em ambas as operações o sistema deve-se manter radial.

Para encontrar as possíveis soluções através da metaheurística BVNS, desenvolveu-se a seguinte estrutura: (i) a configuração inicial do BVNS é gerada através de uma heurística que consiste em religar as seções desenergizadas (exceto a seção da falta) através de seções vizinhas energizadas, de forma aleatória, mesmo que a solução obtida constitua uma solução não factível; (ii) a estrutura de vizinhança do algoritmo BVNS é baseada na quantidade de manobras feitas pelos operadores da RNP, PAO e CAO, entre alimentadores que possuem seções afetadas pela falta e seus vizinhos, e assim sucessivamente, da seguinte forma: Vizinhança  $N_1$ : realiza 1 poda no sistema entre alimentadores; Vizinhança  $N_2$ : realiza 2 podas no sistema entre alimentadores; Vizinhança  $N_k$ : realiza  $k$  podas no sistema entre alimentadores; (iii) o procedimento de busca local do BVNS é feito através do operador PAO; (iv) cada solução é avaliada através de uma função de adaptação composta pela função objetivo mais um termo de penalização das soluções que violarem as restrições; (v) o critério de parada consiste em analisar a quantidade de iterações em que a solução não melhora. Neste caso, se após um determinado número de iterações a solução não melhorar, o processo é considerado convergido.

O algoritmo BVNS é descrito da seguinte maneira (HANSEN, 2001):

1. Definição do conjunto de estruturas de vizinhança  $N_k(x)$ ;
2. Definição da quantidade máxima ( $k_{max}$ ) de estruturas de vizinhança;
3. Encontrar solução inicial  $x_0$ ;



4. Fazer  $x \leftarrow x_0$ ;
5. Enquanto não for satisfeito o critério de parada,
  - (a) Fazer  $k \leftarrow 1$  (Estrutura de vizinhança  $N_1$ );
  - (b) Enquanto  $k \leq k_{max}$ :
    - i. Gerar aleatoriamente  $x' \in N_k(x)$  através dos operadores PAO e CAO;
    - ii. Aplicar busca local, tendo  $x'$  como solução inicial, através do operador PAO e encontrar o vizinho  $x''$ ;
    - iii. Se  $f(x'') < f(x)$ ,
      - A. Então  $x \leftarrow x''$  e  $k \leftarrow 1$ ;
      - B. Senão  $k = k + 1$  (Muda a estrutura de vizinhança);
    - iv. Fim se;
  - (c) Fim enquanto;
6. Fim enquanto;

### 3 | RESULTADOS

O algoritmo BVNS implementado para a solução do modelo proposto de restauração de sistemas de distribuição, foi testado em um sistema de 54 seções (PÁDUA, 2015). Nos testes considerou-se que todas as linhas do sistema possuem algum tipo de dispositivo de seccionamento. Os testes foram feitos em um computador Intel Core i7 de 3,10GHz e com 8GB de memória RAM.

De acordo com a falta na seção 3, as seções 4, 5, 6, 7, 8, 26, 27 e 28 ficaram sem energia. Como solução, o algoritmo BVNS não conseguiu restaurar apenas as seções 5 e 26. Para a falta na seção 43, as seções 13, 31 e 37 ficaram desenergizadas. Para este caso, o algoritmo BVNS conseguiu restaurar todas as seções que ficaram desenergizadas. Do total de cargas que ficaram desenergizadas pelas faltas nas seções 3 e 43, 25,48 (%) não foram restauradas, e do total de chaveamentos (18 chaveamentos possíveis) para o restabelecimento das seções desenergizadas, foram utilizados 33 (%) (6 chaveamentos), obtendo assim uma  $fo = 58,48$  (%). O tempo de simulação foi de 2,1 segundos.

### 4 | CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta uma ferramenta para restauração de sistemas de distribuição após a ocorrência de faltas permanentes na rede, utilizando a metaheurística *Basic Variable Neighborhood Search* como técnica de solução, cuja estrutura de vizinhança e sistema de codificação são baseados na técnica Representação Nó-Profundidade. De acordo com os resultados dos testes, o algoritmo foi capaz de restaurar um conjunto de

seções desenergizadas devido às faltas de forma otimizada, exceto as seções da falta, obedecendo a critérios técnicos e operacionais da rede. Ressalta-se que a ferramenta pode ser utilizada pelas concessionárias de energia elétrica na obtenção de resultados satisfatórios para a restauração do sistema elétrico através do remanejamento adequado de cargas, que por algum motivo (defeito ou desligamento programado) ficariam desligadas, para seções energizadas da rede.

## REFERÊNCIAS

HANSEN, P.; MLADENOV, N. **Variable neighborhood search: principles and applications**. European Journal of Operational Research, v. 130, p. 449-467, 2001.

PÁDUA, S. G. B.; COSSI, A. M.; MANTOVANI, J. R. S. **Planning of Medium-Voltage Electric Power Distribution Systems through a Scatter Search Algorithm**. IEEE Latin America Transactions, v. 13, n. 8, p. 2637-2645, 2015.

SANTOS, A. C.; DELBEM, A. C. B.; BRETAS, N. **Representação nó-profundidade para algoritmos evolutivos aplicados a minimização de perdas resistivas em sistemas de distribuição**. Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - VIII SBAI, 2007.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Análisis 2, 36, 37, 148, 149, 150, 152, 158, 159, 160, 161, 164, 186, 187, 188, 190, 191, 192, 194, 196, 197, 199, 206, 207, 210, 211, 212, 217

Anos iniciais 11, 12, 13, 21, 48, 54

Aprendizado 26, 29, 47, 83, 95, 104, 106, 133, 168, 169, 177

Aprendizaje 36, 40, 42, 43, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 158, 159, 160, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 187, 188, 190, 191, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 221

Avaliação 12, 13, 20, 21, 27, 28, 29, 49, 61, 103, 105, 106, 107, 108, 110, 114, 116, 119, 120, 175, 176, 178, 180, 182, 183, 184, 185

Avaliação em larga escala 13

Avaliação em sala de aula 13

### B

Bola ao cesto 168, 169

Brasil 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 24, 26, 27, 32, 48, 83, 86, 94, 100, 104, 107, 109, 110, 111, 122, 123, 129, 174, 218

Busca em vizinhança variável 142

### C

Cálculo 66, 74, 75, 104, 108, 113, 116, 118, 123, 124, 128, 129, 147, 158, 159, 160, 163, 164, 165, 192, 203, 211

Ciclovías 206, 207

Cognición 158, 165

Competencias 36, 37, 40, 41, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 193, 196, 197, 198, 199

Computador 22, 24, 26, 29, 32, 33, 132, 145

Conceito 11, 28, 47, 51, 52, 53, 62, 74, 75, 76, 83, 95, 106, 135, 178, 180, 182, 185, 201, 203, 204

### D

Derivada de caputo 122

Desempenho discente 113

Discalculia do desenvolvimento 103, 104, 105, 106, 110, 111

### E

Educação infantil 96, 168, 169, 170, 174

Educação matemática 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 20, 21, 33, 62, 64, 83, 84, 86, 88, 89, 90, 103, 105, 111, 131, 140, 175, 184, 201, 204, 205, 245

Educación en ingeniería 147, 149

Enseñanza 2, 34, 35, 36, 37, 43, 44, 148, 149, 158, 160, 164, 186, 187, 189, 191, 193, 221, 222

Ensino 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 35, 47, 48, 49, 51, 54, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 72, 73, 74, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 117, 118, 120, 121, 131, 132, 133, 134, 135, 140, 141, 168, 169, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 200, 201, 202, 205, 245

Ensino da matemática 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 22, 23, 25, 28, 32, 35, 87, 89, 100, 108, 118, 121, 131, 168, 169

Ensino médio 5, 27, 33, 65, 66, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 113, 115, 120

Equações de difusão 228

Estadística 36, 165, 206, 207, 217

Estilos de aprendizagem 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153

Estimativas de energia 228

Estratégias 62, 66, 73, 85, 90, 91, 92, 94, 96, 105, 108, 128, 132, 133, 134, 168, 169, 177, 179, 181, 184, 202

## F

Ferramenta 5, 8, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 32, 88, 89, 91, 92, 98, 100, 101, 140, 145, 146

Formación docente 34, 197

Fractales 218, 219, 220, 221, 222, 225, 226, 227

## G

Génesis instrumental 218, 220, 221

Geogebra 22, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 222, 226

## H

Hepatite B 122, 129

História da educação matemática 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11

História da matemática 4, 11, 200, 201, 202, 204, 205

## I

Instrumentalização 47, 48

## L

Ludicidade 84, 85, 86, 87, 90, 94, 95, 96, 99, 100, 245

## **M**

Matemática 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 32, 33, 35, 41, 47, 48, 51, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 72, 73, 75, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 120, 121, 125, 128, 131, 132, 133, 134, 135, 138, 139, 140, 141, 144, 148, 159, 164, 165, 168, 169, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 184, 185, 186, 187, 198, 199, 200, 201, 202, 204, 205, 218, 219, 220, 222, 226, 228, 233, 245

Mentimeter 131, 132, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Método dos elementos finitos 236

Metodologia 4, 7, 11, 23, 27, 65, 66, 91, 98, 99, 128, 134, 137, 140, 175, 178, 180, 182, 184, 185, 200, 202

Métodos numéricos 127, 147, 148, 152

Modelagem fracionária 122

## **P**

Práticas docentes 1, 8, 133

Princípios teóricos 103

Problema de autovalores 236

Professores 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 48, 49, 50, 51, 53, 60, 61, 62, 64, 65, 73, 85, 86, 87, 90, 98, 99, 101, 108, 109, 113, 114, 115, 131, 132, 133, 134, 136, 139, 140, 141, 168, 177, 178, 180, 181, 182, 185, 201, 202, 203, 204, 245

Projetos extra-curriculares 121

## **R**

Registro 61, 168, 171, 176, 179, 182

Resolução de problemas 66, 92, 94, 134, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 184, 185, 205

Resolución de problemas 158, 164, 165, 190, 191, 193, 194, 198

Restauração 142, 143, 145, 146

Riser de aço em catenária 235, 236

## **S**

Sequência didática 64, 66, 72, 73, 74, 82, 83

Significado 40, 47, 51, 52, 58, 59, 60, 61, 85, 138, 162, 181, 192, 201, 202, 203, 222

Sistemas de distribuição 142, 145, 146

Software 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 141, 191

Soluções fracas 228, 229

## **T**

Tecnologias digitais 131, 132, 140

Teorema da comparação 228

Testemunhos de professores 1

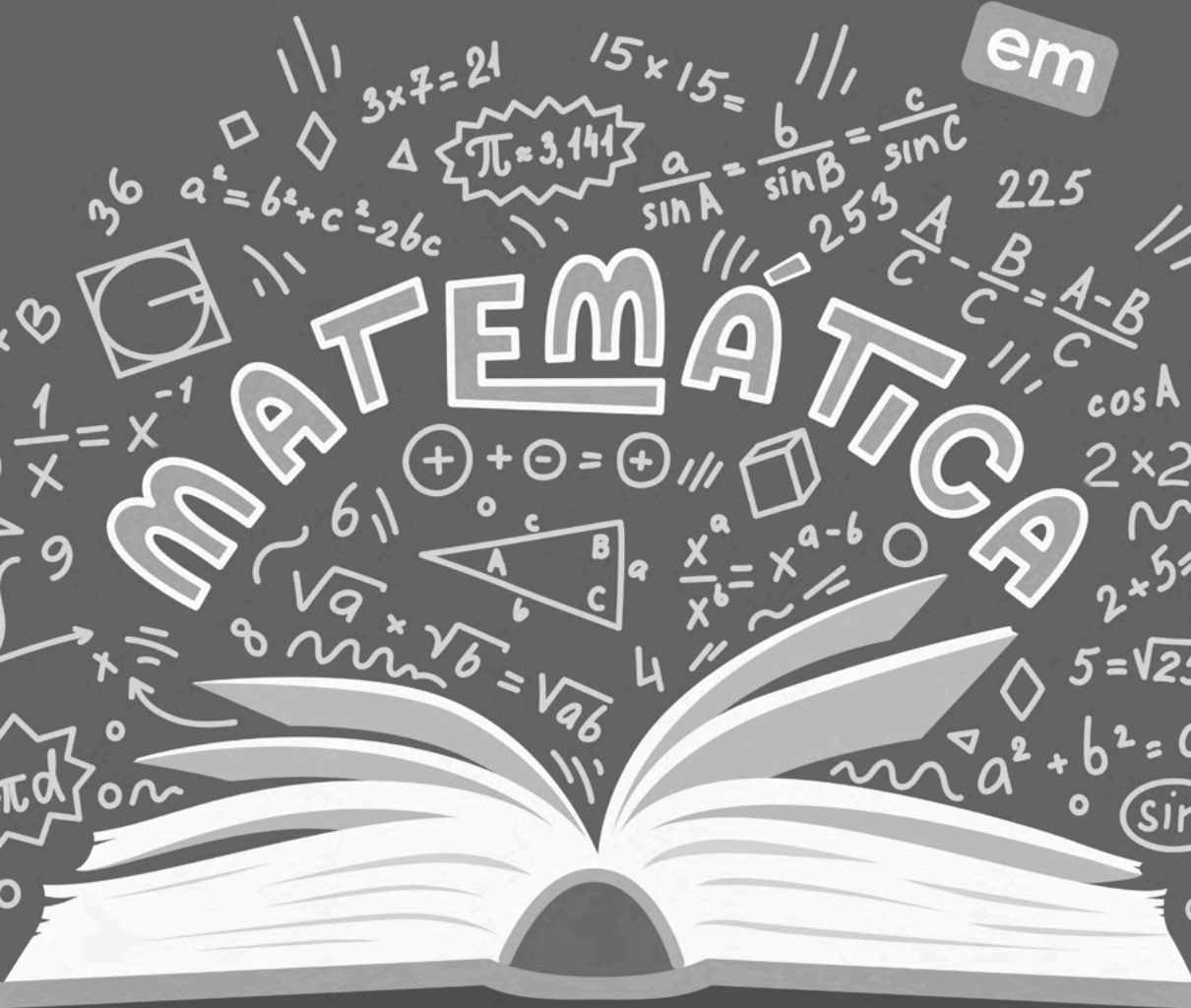
Toma de decisiones 43, 206, 207

## **V**

Vibrações livres 236

Volume do paralelepípedo 64, 66, 74, 82

# PESQUISAS DE VANGUARDA

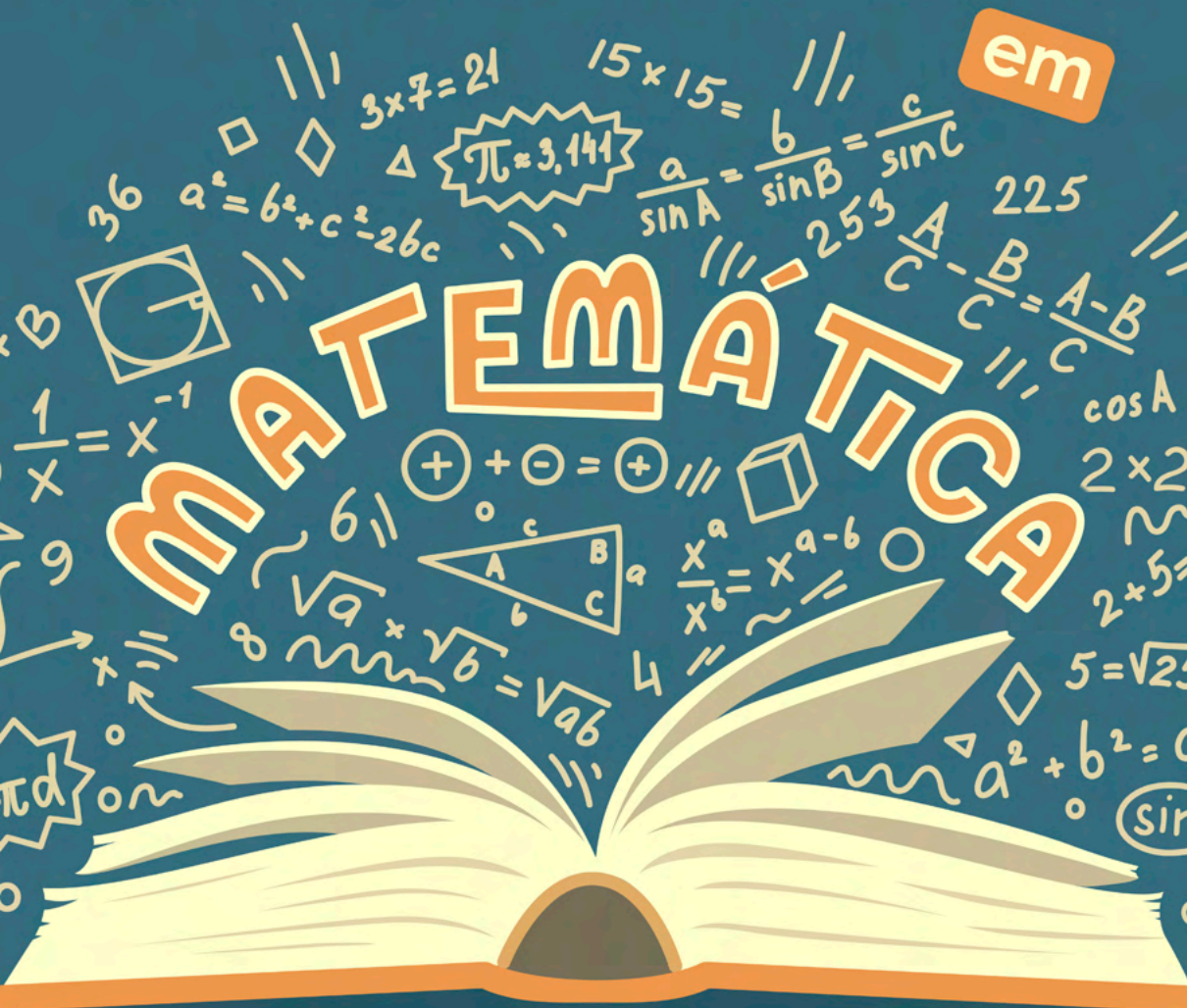


e suas aplicações

# PESQUISAS DE VANGUARDA

em

# MATEMÁTICA



e suas aplicações