

José Elyton Batista dos Santos

Organizador

Ensino de
Ciências e
Educação
Matemática

5

Atena
Editora

Ano 2020

José Elyton Batista dos Santos

Organizador

Ensino de
Ciências e
Educação
Matemática

5

Atena
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernando da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
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. 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
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
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
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
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
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|--|
| E59 | <p>Ensino de ciências e educação matemática 5 [recurso eletrônico] / Organizador José Elyton Batista dos Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-115-2 DOI 10.22533/at.ed.152201606</p> <p>1. Educação. 2. Prática de ensino. 3. Professores de matemática – Formação. I. Santos, José Elyton Batista dos.</p> <p style="text-align: right;">CDD 370.1</p> |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A busca por alternativas metodológicas que contribuam para o ensino de ciências e matemática é grande. Eventos regionais, nacionais e internacionais propõem rodas de conversa para apresentar e debater ações que ressignifiquem o ensino, dinamizem as aulas, integrem os alunos, desenvolvam o pensar e movam os estudantes em busca do saber.

Desta feita, o quinto volume da coletânea “Ensino de Ciências e Educação Matemática” apresenta em seu corpus de artigos produções acadêmicas que respaldam o referido desejo de alternativas metodológicas para o ensino de ciências e matemática. Isto é, os leitores irão apreciar pesquisas científicas e relatos de experiências sobre jogos com blocos lógicos, aplicação de outros jogos, vídeoaulas, materiais manipuláveis, *softwares*, entre outras.

Essa diversidade de recursos ou estratégias de ensino possibilitam englobar diferentes propulsores da educação básica nos seus diferentes níveis de ensino. Também possibilitam aos que fazem parte do ensino superior ter uma visão holística do que está sendo desenvolvido no aludido nível de ensino, assim como, as suas necessidades para desempenharem a função de ensinar com maestria.

Partindo desse viés, os capítulos presentes nesta coletânea darão um norte aos professores que estão em exercício, bem como aqueles que não estão com ações pedagógicas inovadoras e que enriquecem para a construção ou reconstrução do conhecimento seja no ensino regular da educação básica, na EJA ou no ensino superior.

Em suma, se debruçar nos capítulos desta coletânea irá contribuir significativamente para o enriquecimento de seu aporte teórico e metodológico.

José Elyton Batista dos Santos

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| GRUPO DE ESTUDOS COM PROFESSORAS QUE ENSINAM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO INFANTIL: JOGOS COM OS BLOCOS LÓGICOS | |
| Wirla Castro de Souza Ramos Gilberto Francisco Alves de Melo | |
| DOI 10.22533/at.ed.1522016061 | |
| CAPÍTULO 2 | 9 |
| ENSINO E APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS: UM OLHAR ACERCA DAS DIFICULDADES EM UMA TURMA DO SEMIÁRIDO BAIANO | |
| Micléia da Silva Souza Américo Junior Nunes da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.1522016062 | |
| CAPÍTULO 3 | 26 |
| YOUTUBE.COM: INVESTIGAÇÃO SOBRE ESTUDAR MATEMÁTICA COM VIDEOAULAS | |
| Andréa Thees Tarliz Liao | |
| DOI 10.22533/at.ed.1522016063 | |
| CAPÍTULO 4 | 39 |
| UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE PROBABILIDADE POR MEIO DE JOGOS | |
| Jhonatan da Silva Lima Eliseu da Rocha Marinho Filho | |
| DOI 10.22533/at.ed.1522016064 | |
| CAPÍTULO 5 | 62 |
| UM OLHAR SOBRE A TEORIA DA MODELAGEM NO ENSINO DE FÍSICA | |
| Ednilson Sergio Ramalho de Souza | |
| DOI 10.22533/at.ed.1522016065 | |
| CAPÍTULO 6 | 71 |
| O USO DE MATERIAIS MANIPULÁVEIS NA CONSOLIDAÇÃO DE CONCEITOS DE GEOMETRIA ESFÉRICA | |
| Isabela Cristina Soares Gregor Josué Antunes de Macêdo Luciano Soares Pedroso Lílian Isabel Ferreira Amorim Edson Crisostomo dos Santos | |
| DOI 10.22533/at.ed.1522016066 | |
| CAPÍTULO 7 | 84 |
| JOVENS EMPREENDEDORES APRENDENDO A EMPREENDER: O ENSINO DE MATEMÁTICA FINANCEIRA NA ESCOLA ESTADUAL IRMÃ MIGUELINA CORSO | |
| Vanessa da Silva das Flores Maltezo | |
| DOI 10.22533/at.ed.1522016067 | |

CAPÍTULO 8 93

IMPLANTAÇÃO DA SALA VIRTUAL DE ENSINO NA ESCOLA ESTADUAL DR. ARTUR ANTUNES MACIEL NO MUNICÍPIO DE JUÍNA – MT

Maike Zaniolo Arvani
Custódio Gastão da Silva Junior
Agnaldo Oliveira Paixão
Flavia Heloisa Nogueira Francisco
Rosilene Gerlach
José Benjamin Severino Franco
Rosemilda Teixeira dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.1522016068

CAPÍTULO 9 100

A PRODUÇÃO DE APLICATIVOS DIGITAIS COM APP INVENTOR PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA E Nº 2584

Sinara Pereira da Silva
Pedro Martins de Sousa Júnior
Lucas Pereira de Araújo
Maycon Brendo Rodrigues Moura
Deive Barbosa Alves

DOI 10.22533/at.ed.1522016069

CAPÍTULO 10 107

A MODELAGEM MATEMÁTICA COMO ESTRATÉGIA PARA PLANEJAR E REVOLVER AVALIAÇÕES NA UNIFAP: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO INTERCULTURAL

Cristiane Santos dos Santos
Karen Vanessa Silva Pacheco
Eliane Leal Vasquez

DOI 10.22533/at.ed.15220160610

CAPÍTULO 11 125

ASSIMILAÇÃO DA APRENDIZAGEM ESCOLAR NA MATEMÁTICA: DISCUTINDO ATIVIDADES DE ENSINO

Severina Andréa Dantas de Farias

DOI 10.22533/at.ed.15220160611

CAPÍTULO 12 138

CONTRIBUIÇÕES DO USO DE *SOFTWARES* MATEMÁTICOS NA PERCEPÇÃO DE PROFESSORES E ALUNOS DE MATEMÁTICA

José Cirqueira Martins Júnior
Rafael Henrique Rezende Lacerda
Layla Raquel Barbosa Lino

DOI 10.22533/at.ed.15220160612

CAPÍTULO 13 152

MODOS DE VER E SIGNIFICAR PRÁTICAS MATEMÁTICAS COM O USO DA TERAPIA DESCONSTRUCIONISTA

Simone Maria Chalub Bandeira Bezerra
Denison Roberto Braña Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.15220160613

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 14 | 163 |
| O GEOPLANO E O GEOESPAÇO PARA COMUNICAÇÃO MATEMÁTICA: A EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA NUMA ESCOLA DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB | |
| Kátia Maria de Medeiros | |
| DOI 10.22533/at.ed.15220160614 | |
| CAPÍTULO 15 | 176 |
| MINDSET E AS POSSIBILIDADES DE AVALIAÇÃO EM MATEMÁTICA POR MEIO DE JOGOS | |
| Marcus Vinícius Pereira | |
| Dayse do Prado Barros | |
| DOI 10.22533/at.ed.15220160615 | |
| CAPÍTULO 16 | 185 |
| CORRELAÇÃO CRUZADA EM CONSTANTES MATEMÁTICAS: UMA ABORDAGEM DCCA | |
| Gilney Figueira Zebende | |
| Aloisio Machado da Silva Filho | |
| DOI 10.22533/at.ed.15220160616 | |
| SOBRE O ORGANIZADOR | 191 |
| ÍNDICE REMISSIVO | 192 |

CORRELAÇÃO CRUZADA EM CONSTANTES MATEMÁTICAS: UMA ABORDAGEM DCCA

Data de aceite: 01/06/2020

Gilney Figueira Zebende

Professor Titular do Departamento de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e do Programa de Pós-graduação em Ciências da Terra e do Ambiente da UEFS.

Aloisio Machado da Silva Filho

Professor Titular do Departamento de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e do Programa de Pós-graduação em Ciências da Terra e do Ambiente da UEFS.

RESUMO: Propomos aqui investigar leis de potências (correlação cruzada) entre diferentes constantes matemáticas, como π , $\sqrt{2}$, \exp , entre outras. Para tal objetivo vamos aplicar o método *DCCA* (Detrended Cross-Correlation Analysis) proposto por Podobnik e Stanley [1] no estudo de séries temporais não estacionárias. Novos resultados estão sendo verificados no que diz respeito a testar tal método como ferramenta de teste na análise de aleatoriedade (ou não) em séries temporais.

PALAVRAS-CHAVE: Correlação cruzada, constantes matemáticas, DCCA.

CROSS-CORRELATION IN MATHEMATICAL CONSTANTS: A DCCA APPROACH

ABSTRACT: We propose here to investigate power laws (cross-correlation) between different mathematical constants, such as pi and square root of two, among others. For this purpose, we will apply the DCCA method (Detrended Cross-Correlation Analysis) proposed by Podobnik and Stanley [1] in the study of non-stationary time series. New results are being verified with regard to testing such a method as a test tool in the analysis of randomness (or not) in time series.

KEYWORDS: Cross correlation, mathematical constants, DCCA.

1 | INTRODUÇÃO

Estudo envolvendo análise de séries temporais naturais tem gerado um grande interesse em várias áreas como física, mercados financeiros ou biologia [1-5], principalmente no que diz respeito a aplicação do método chamado *DFA* (Detrended Fluctuation Analysis) [6], que analisa correlações de longo alcance via seu coeficiente de correlação, chamado de α . Com

o valor de α podemos definir se a série é aleatória ($\alpha = 0.5$), persistente ($\alpha > 0.5$) ou anti-persistente ($\alpha < 0.5$). Porém, se quisermos cruzar duas séries temporais não estacionárias e verificarmos se tal cruzamento tem ou não uma lei de escala (correlação de longo alcance cruzado) devemos implementar uma generalização do método *DFA*, chamado de método *DCCA* [1], que será descrito brevemente a seguir juntamente com os dados relativos a este estudo aqui.

2 | METODOLOGIA E DADOS

O método *DCCA* generaliza o método *DFA* e se propõe a estimar o expoente que caracteriza a correlação entre duas séries temporais $\{y_i\}$ e $\{y'_i\}$, com o mesmo número de observações N , em regime não estacionário. Para tal análise definimos os sinais,

$$\begin{aligned} R_K &= y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_k \\ R'_K &= y'_1 + y'_2 + y'_3 + \dots + y'_k \end{aligned}, \text{ em que } K = 1, \dots, N \quad (1).$$

A seguir dividimos as duas séries em $N - n$ boxes (com superposição) de tamanho n , cada um contendo $n + 1$ valores. Para ambas séries temporais, em cada box (que começa em i e termina em $i + n$) definimos as “tendências locais”, isto é, $R_{K,i}$ e $R'_{K,i}$ ($i \leq K \leq i+n$) como sendo a ordenada do ajuste linear da série somada. Com este resultado calculamos a covariância dos resíduos em cada intervalo, ou seja,

$$f^2_{DCCA}(n, i) = \frac{1}{n-1} \sum_i^{i+n} \left(R_K - R_{K,i} \right) \left(R'_K - R'_{K,i} \right) \quad (2)$$

Finalmente calculamos a função de correlação (*detrended covariance*), definida como,

$$F^2_{DCCA}(n) \equiv \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^{N-n} f^2_{DCCA}(n, i) \quad (3).$$

Se duas séries idênticas forem analisadas por este método ($R_K = R'_K$), obteremos o mesmo resultado do método *DFA* aplicado para uma única série temporal.

Aqui neste trabalho estamos analisando se existem (ou não) leis de potências (correlação cruzada) entre diferentes constantes matemáticas, como π , $\sqrt{2}$, \exp , entre outras (números irracionais). Esta análise se dará na forma de séries temporais gravadas pelos algoritmos significativos das constantes em questão, isto é, com 1000, 5000, 10000 e até 50000 dígitos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente testamos para estas séries temporais o método *DFA* no intuito de

verificarmos se tais séries eram realmente aleatórias, pois como sabemos tais constantes pertencem a classe dos números irracionais. Todas as séries são realmente auto-afins e aleatórias segundo este método (ver tabela 1).

| N | 1.000 | 5.000 | 10.000 | 50.000 |
|-----------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| π | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 |
| $\sqrt{2}$ | 0,52 | 0,53 | 0,51 | 0,49 |
| exp | 0,54 | 0,55 | 0,53 | 0,50 |

Tabela 1 - Valor do expoente de correlação de longo alcance α para as constante matemáticas segundo o método *DFA* com 1000, 5000, 10000 e 50000 algarismos significativos. O erro encontrado para o valor de α foi de 0.02.

Depois testamos para duas séries idênticas o método *DCCA*. Percebemos que o auto-cruzamento das séries nos dá uma lei de potência (Figura 1) para o cálculo de $F_{DCCA}(n)$ com os seguintes expoentes (λ) (Tabela 2).

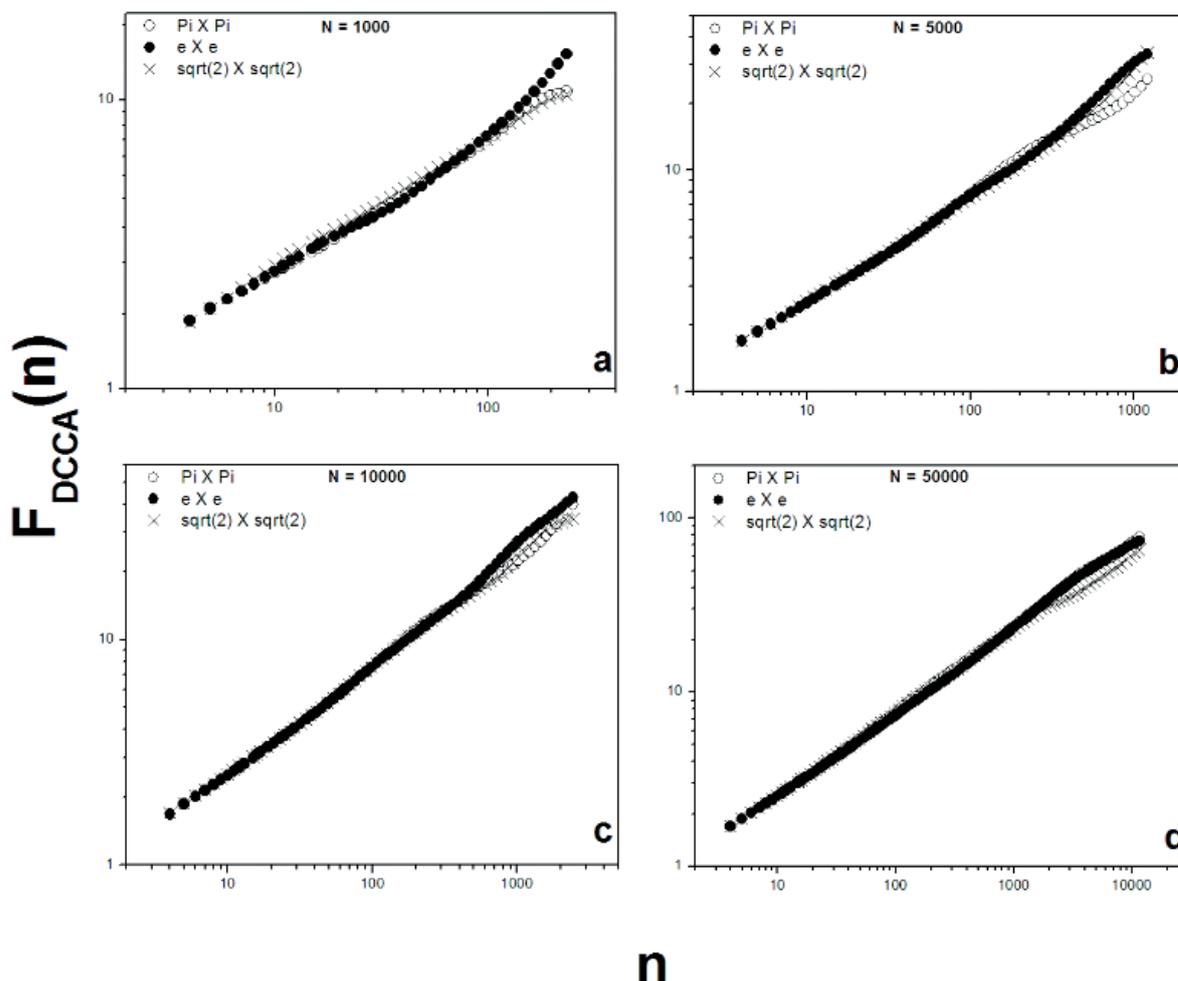


Figura 1 - Função de correlação $F_{DCCA}(n)$ calculada para duas séries temporais obtidas pelo cruzamento entre $\pi \times \pi$ (O), $\exp \times \exp$ (●) e $\sqrt{2} \times \sqrt{2}$ (x) com : a) 1.000, b) 5.000, c) 10.000 e d) 50.000

algarismos significativos.

| N | 1.000 | 5.000 | 10.000 | 50.000 |
|----------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| $\pi \times \pi$ | 0,46 | 0,48 | 0,48 | 0,49 |
| $\sqrt{2} \times \sqrt{2}$ | 0,45 | 0,50 | 0,48 | 0,46 |
| exp X exp | 0,48 | 0,52 | 0,51 | 0,49 |

Tabela 2 - Valor do expoente de correlação de longo alcance λ para a auto-correlação entre as constante matemáticas segundo o método DCCA com 1000, 5000, 10000 e 50000 algarismos significativos. O erro encontrado para o valor de λ é de aproximadamente 0,02.

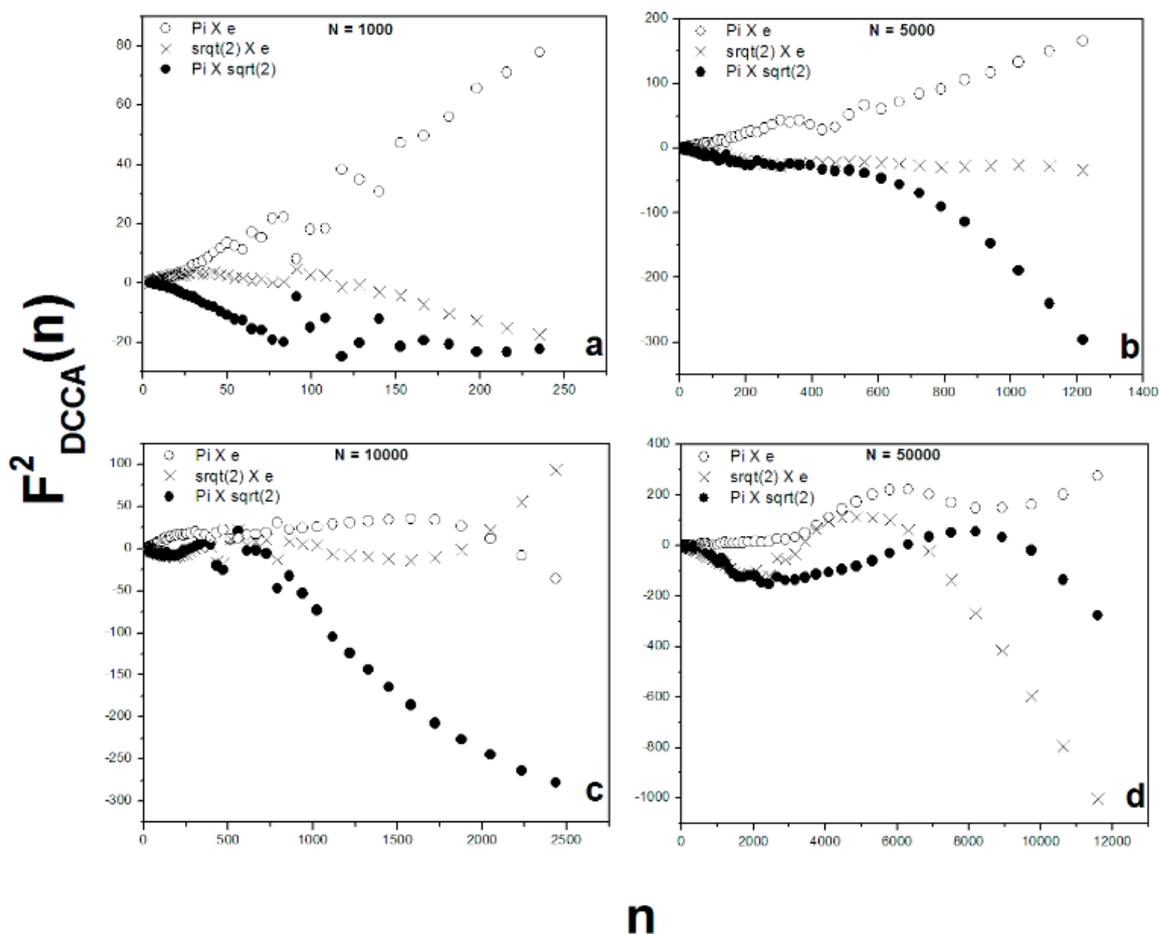


Figura 2 - Função de correlação $F^2_{DCCA}(n)$ calculada para duas séries temporais obtidas pelo cruzamento entre $\pi \times \exp$ (O), $\sqrt{2} \times \exp$ (x) e $\pi \times \sqrt{2}$ (●) com : a) 1.000, b) 5.000, c) 10.000 e d) 50.000 algarismos significativos.

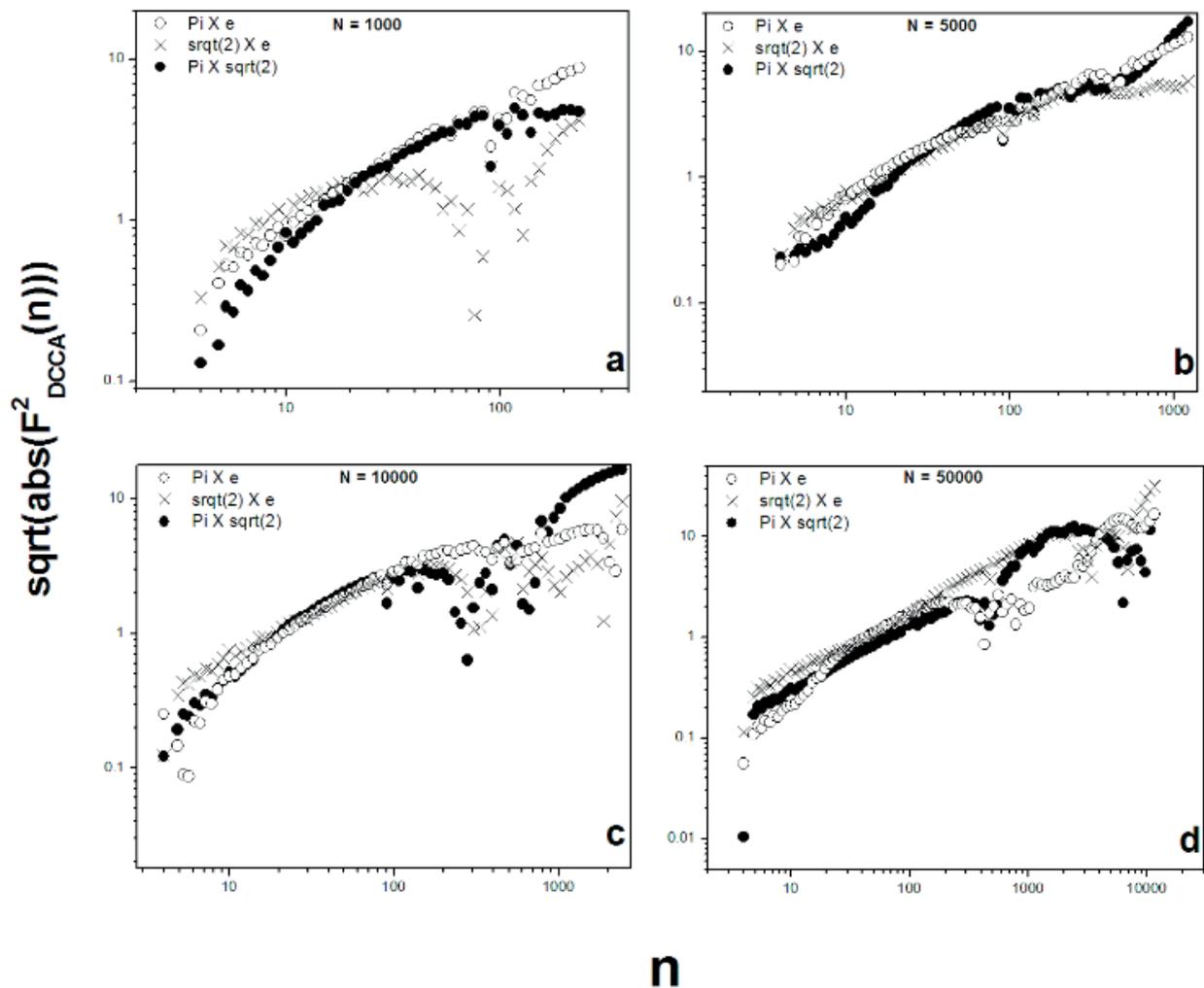


Figura 3 - Função $\sqrt{|F_{DCCA}^2(n)|}$ (na escala log-log) calculada para duas séries temporais obtidas pelo cruzamento entre $\pi \times \exp$ (O), $\sqrt{2} \times \exp$ (x) e $\pi \times \sqrt{2}$ (●) com : a) 1.000, b) 5.000, c) 10.000 e d) 50.000 algarismos significativos.

Com a finalidade de testarmos as constantes matemáticas em relação ao método *DCCA*, implementamos tal metodologia as constantes matemáticas de forma cruzada, ou seja, $\pi \times \exp$ (O), $\sqrt{2} \times \exp$ (x) e $\pi \times \sqrt{2}$ (●) (Figuras 2 e 3). Podemos notar que tais séries cruzadas não seguem uma lei de potência, pelo menos para um único expoente λ , significando que elas não tem correlação cruzada (séries aleatórias).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aqui objetivamos a aplicação do método chamado *DCCA* (*Detrended Cross-Correlation Analysis*) as constantes matemáticas π , $\sqrt{2}$, \exp , no intuito de verificarmos (ou não) correlação de longo alcance cruzada nas referidas séries. Pudemos constatar que para o caso de auto correlação (Figura 1), os resultados nos mostram que o *DCCA* recai realmente no *DCA*, independentemente do tamanho estudado aqui e das constantes usadas. Já no caso do cruzamento das séries (Figura 2 e Figura 3), percebemos que as

mesmas não seguem a lei de potência única. Assim aqui fomos capazes de estimar (Tabela 2) o expoente que caracteriza a auto-correlação e demonstrar que as mesma de forma cruzada não seguem a uma lei de potência, independentemente do tamanho da série. O que podemos atestar pelos resultados encontrados é que tal método pode também ser usado como ferramenta de teste na análise de aleatoriedade em séries temporais.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Feira de Santana e ao CNPq pelo apoio ao projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] B. Podobnik e H.E. Stanley, Phys. Rev. Lett. **100**, 084102 (2008).
- [2] R. N. Mantegna and H. E. Stanley, *An Introduction to Econophysics: Correlation and Complexity in Finance* (Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1999).
- [3] Y. Ashkenazy *et al.*, Phys. Rev. Lett. **86**, 1900 (2001).
- [4] Y. Ashkenazy *et al.*, Physica A **323**, 19 _2003_; K. Matia, Y. Ashkenazy, and H. E. Stanley, Europhys. Lett. **61**, 422 (2003).
- [5] ZEBENDE, G. F. ; de OLIVEIRA, P. M. C. ; PENNA, T. J. P. : Long-range Correlation in Computer Diskettes. Physical Review E, 57, 3311-3314, 1998.; ZEBENDE, G. F. ; M. G. Pereira ; E. N. Junior ; M. A. Moret . Universal Persistence in Astrophysical Sources. Physica A - Statistical and Theoretical Physics, Holanda, 349, 452-458, 2005.
- [6] Peng C-K, Buldyrev SV, Havlin S, Simons M, Stanley HE, Goldberger AL. Mosaic organization of DNA nucleotides. Phys Rev E 1994, 49, 1685-1689.

SOBRE O ORGANIZADOR

JOSÉ ELYTON BATISTA DOS SANTOS - Possui graduação em Matemática pela Universidade Federal de Alagoas (2014), graduação em pedagogia pela Faculdade Venda Nova do Imigrante (2020), com especialização em Metodologia do Ensino da Matemática e Física pelo Centro Universitário Internacional – UNINTER (2015) e especialização em Educação Infantil e Anos Iniciais (2019). Também é Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIMA) da Universidade Federal de Sergipe (2018). É integrante do Núcleo Colaborativo de Práticas e Pesquisas em Educação Matemática (NCPPEM). Membro de corpo editorial do Boletim GEPEN (Online). Professor formador de professores da Educação Básica para a Prova Brasil. Tenho experiência nos diferentes níveis de ensino, anos iniciais, anos finais, ensino médio e ensino superior. Atualmente sou professor efetivo do ensino fundamental da SEMED de Maragogi-Alagoas.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aplicativo 82, 102

Aprendizagem 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 29, 30, 34, 36, 37, 38, 52, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 76, 82, 83, 91, 93, 94, 95, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 108, 109, 110, 112, 114, 115, 117, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 133, 135, 138, 139, 140, 142, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 155, 157, 158, 164, 165, 166, 167, 176, 177, 178, 179, 183, 184

AVA 93, 94, 95, 98

Avaliação 18, 40, 57, 58, 68, 98, 105, 107, 115, 116, 117, 120, 121, 122, 123, 124, 134, 140, 143, 145, 148, 149, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184

C

Ciências 1, 37, 38, 63, 69, 70, 84, 90, 93, 107, 108, 109, 111, 112, 115, 116, 117, 118, 121, 124, 151, 152, 153, 154, 155, 161, 162, 185, 191

Comunicação 163, 165

Conceitos 3, 4, 13, 14, 23, 24, 27, 29, 39, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 63, 64, 68, 69, 71, 72, 75, 76, 82, 103, 104, 107, 108, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 121, 122, 123, 125, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 142, 146, 147, 149, 156, 158, 159, 162, 167, 177, 178, 180, 183

Conteúdo 13, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 29, 31, 32, 33, 34, 39, 40, 41, 45, 46, 47, 48, 51, 73, 91, 94, 95, 97, 102, 109, 112, 115, 116, 117, 128, 134, 141, 142, 143, 158, 170, 179, 183

Cultura 9, 26, 86, 105, 152, 153, 154, 160, 162

D

Dificuldades 9, 10, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 44, 51, 52, 122, 125, 126, 130, 132, 135, 136, 143, 146, 183

E

Educação 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 36, 37, 38, 44, 52, 53, 54, 70, 71, 72, 73, 75, 82, 83, 84, 87, 88, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 113, 114, 115, 116, 117, 120, 122, 123, 124, 125, 130, 135, 137, 141, 143, 144, 145, 147, 151, 152, 154, 155, 157, 159, 160, 161, 162, 166, 174, 175, 184, 191

Educação de Jovens e Adultos 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 19, 23, 24, 25

Educação Matemática 2, 7, 8, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 36, 37, 38, 52, 54, 82, 83, 100, 101, 107, 108, 114, 123, 124, 141, 144, 145, 147, 151, 154, 159, 160, 162, 174, 191

Empreendedorismo 85, 86, 92

Ensino 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 29, 31, 34, 36, 37,

38, 39, 40, 51, 53, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 82, 83, 84, 85, 87, 90, 91, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 176, 177, 179, 183, 184, 191

Ensino Médio 13, 29, 40, 72, 87, 98, 176, 177, 179, 191

Escola 2, 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 34, 36, 38, 40, 52, 53, 55, 84, 85, 87, 89, 91, 93, 95, 98, 101, 114, 116, 117, 120, 121, 124, 125, 126, 130, 135, 136, 142, 145, 146, 149, 153, 157, 160, 161, 162, 163, 164, 168, 171, 174, 184

Esférica 71, 72, 73, 74, 75, 79, 82, 83

F

Física 37, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 88, 90, 97, 101, 111, 112, 116, 162, 185, 191

Formação de professores 1, 12, 14, 15, 24, 25, 29, 38, 72, 73, 75, 82, 83, 107, 108, 123, 137, 141, 143, 149, 151, 153, 155, 160, 171

Função 13, 31, 32, 44, 107, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 158, 164, 183, 186, 187, 188, 189

G

Geoespaço 163, 165, 167, 171, 172, 174

Geometria 37, 71, 72, 73, 74, 75, 79, 80, 82, 83, 129, 137, 141, 162, 166, 167, 169, 170, 175, 178

Geoplano 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 174, 175

I

Indígena 107, 108, 109, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 160

J

Jogos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 19, 39, 40, 44, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 56, 103, 133, 134, 141, 151, 154, 155, 157, 158, 161, 162, 176, 179, 182, 184

L

Livros 14, 40, 52, 73, 133, 155

M

Matemática 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 44, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 63, 65, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 82, 83, 84, 85, 87, 90, 93, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 133, 134, 135, 136,

137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 182, 184, 191

Matemática Financeira 84, 85, 87

Materiais Manipuláveis 71, 73, 75, 77, 83, 157, 158, 162, 163, 165, 166, 167, 168, 174

Mentalidade 178, 179

Modelagem Matemática 24, 31, 37, 63, 65, 70, 100, 102, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 120, 122, 123, 124

P

Pesquisas 11, 24, 26, 28, 30, 36, 46, 52, 62, 75, 85, 88, 89, 111, 113, 139, 140, 141, 143, 145, 149, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 159, 160, 161, 178, 179, 191

Planejamento 5, 19, 29, 62, 73, 88, 92, 117, 120, 140, 141, 142, 145, 146, 148, 150

Prática 5, 10, 14, 15, 18, 25, 26, 29, 36, 38, 66, 85, 91, 94, 102, 104, 107, 130, 139, 140, 141, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 153, 154, 156, 157, 158, 160, 161, 166, 178

Prática pedagógica 10, 29, 139, 140, 146, 147, 158, 161, 178

Probabilidade 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 59, 129

Projeto 29, 92, 96, 97, 100, 101, 102, 103, 105, 112, 115, 116, 123, 124, 134, 145, 148, 153, 163, 165, 168, 171, 174, 182, 190

R

Recursos didáticos 126, 140, 141, 155, 159, 164, 165, 167

Resolução de problema 110

S

Sala de aula 3, 6, 12, 17, 19, 37, 38, 44, 51, 52, 53, 65, 68, 69, 72, 84, 89, 91, 93, 94, 95, 97, 98, 102, 107, 116, 117, 120, 122, 124, 130, 137, 138, 139, 145, 147, 149, 155, 162, 166, 170, 175, 177, 184

Softwares 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151

T

Tecnologias 26, 28, 34, 36, 37, 82, 94, 95, 97, 99, 101, 102, 103, 105, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 148, 150, 151, 154, 155, 162

Teoria 4, 5, 7, 14, 25, 26, 30, 46, 53, 62, 63, 64, 66, 68, 69, 73, 85, 91, 104, 112, 126, 130, 142, 151, 155, 156, 158, 179

Terapia 9, 152, 153, 154, 155, 156, 159, 161

TIC 95, 105, 140

V

Virtual 24, 27, 93, 94, 98, 100, 101, 105

Y

Youtube 26, 31, 33, 34

 **Atena**
Editora

2 0 2 0