



Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

# Estudos Interdisciplinares nas Ciências e da Terra e Engenharias 2

---

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências  
Exatas e da Terra e Engenharias 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 Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
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. 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. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª 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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-641-6 DOI 10.22533/at.ed.416192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
<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

O livro “**Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 2º volume 35 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A MATEMÁTICA PRATICADA EM ESCOLAS PAROQUIAIS LUTERANAS DO RS E REVELADA EM CADERNOS ESCOLARES DA PRIMEIRA METADE DO SÉCULO XX	
Malcus Cassiano Kuhn	
DOI 10.22533/at.ed.64819103091	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
A QUALIDADE DO AR NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO FUNDAMENTAL: IMPORTÂNCIA E EXEMPLOS PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO	
Maria Eduarda Palheiros Vanzan	
Raquel Mac-Cormick Franco	
Luiz Francisco Pires Guimarães Maia	
DOI 10.22533/at.ed.64819103092	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE COBRE (II): AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ESTRUTURAIS, MORFOLÓGICAS E TÉRMICAS PARA APLICAÇÃO EM CATÁLISE	
Maria Iaponeide Fernandes Macêdo	
Pedro Luiz Ferreira de Sousa	
Karine Loíse Corrêa Conceição	
Neyda de la Caridad Om Tapanes	
Roberta Gaidzinski	
DOI 10.22533/at.ed.64819103093	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
A ROBOTICA EDUCACIONAL LIVRE COMO METODOLOGIA ATIVA PARA A PROMOÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS	
Elcio Schuhmacher	
Vera R. N. Schuhmacher	
DOI 10.22533/at.ed.64819103094	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
ANÁLISE DA PERFORMANCE DE METODOLOGIAS NUMÉRICAS DE SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DE TRANSPORTE DE NÉUTRONS EM GEOMETRIA UNIDIMENSIONAL SLAB NA FORMULAÇÃO DE ORDENADAS DISCRETAS	
Rafael Barbosa Libotte	
Hermes Alves Filho	
DOI 10.22533/at.ed.64819103095	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>59</b>
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOLUBILIDADE DE ELEMENTOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE DIFERENTES TIPOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS	
Eduardo Baudson Duarte	
Amanda Péres da Silva Nascimento	
Mirna Aparecida Neves	
Diego Lang Burak	
DOI 10.22533/at.ed.64819103096	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>68</b>
ANÁLISE DE IMAGENS EM ESCALAS UTILIZANDO A TRANSFORMADA WAVELET	
Francisco Edcarlos Alves Leite Marcos Vinícius Cândido Henriques	
<b>DOI 10.22533/at.ed.64819103097</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>78</b>
ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS COM ÊNFASE EM MEIO FÍSICO NA IMPLANTAÇÃO DE UMA BARRAGEM EM ATERRO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA/MG	
Gian Fonseca dos Santos Anderson Nascimento Milagres Yann Freire Marques Costa Danilo Segall César Klinger Senra Rezende Adonai Gomes Fineza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.64819103098</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>86</b>
APLICAÇÃO DA JUNÇÃO DA PLATAFORMA LIVRE SCILAB E ARDUINO PARA CONTROLE DE pH	
Annanda Alkmim Alves Luiz Fernando Gonçalves Pereira Letícia Lopes Alves Saulo Fernando dos Santos Vidal Daniel Rodrigues Magalhães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.64819103099</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>94</b>
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CERVEJA PARA A ADSORÇÃO DO CORANTE ÍNDIGO CARMIM EM EFLUENTE AQUOSO	
Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo Taynara Mara Vieira Rodinei Augusti Kelly Beatriz Vieira Torres Dozinel Ana Cláudia Bernardes Silva Cristiane Medina Finzi Quintão	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030910</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>105</b>
REAÇÕES DE BIOTRANSFORMAÇÃO PROMOVIDAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO <i>Aspergillus Flavus</i>	
Lourivaldo Silva Santos Marivaldo José Costa Corrêa Williams da Siva Ribeiro Manoel Leão Lopes Junior Raílda Neyva Moreira Araújo Cabral Fabiane da Trindade Pinto Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon Haroldo da Silva Ripardo Filho Carlos Vinicius Machado Miranda Jéssica de Souza Viana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030911</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 116**

AUTOMETÁTESE DO DL-KAVAIN, RELAÇÃO ENTRE ATIVIDADE CATALÍTICA E IMPEDIMENTO ESTÉRICO DO SUBSTRATO

Thais Teixeira da Silva  
Vanessa Borges Vieira  
Aline Aparecida Carvalho França  
Talita Teixeira da Silva  
Mayrla Letícia Alves de Oliveira  
Roberta Yonara Nascimento Reis  
Maria de Sousa Santos Bezerra  
Fabiana Matos de Oliveira  
José Milton Elias de Matos  
Benedito dos Santos Lima Neto  
José Luiz Silva Sá  
Francielle Aline Martins

**DOI 10.22533/at.ed.648191030912**

**CAPÍTULO 13 ..... 128**

BIOPROSPECÇÃO DE ENZIMAS PRODUZIDAS POR FUNGOS DECOMPOSITORES ISOLADOS DE DETRITOS VEGETAIS DE RIACHOS DA REGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU-PR

Caroline da Costa Silva Gonçalves  
Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima  
Rafaella Costa Bonugli-Santos  
Felipe Justiniano Pinto  
Daniele da Luz Silva  
Ana Letícia Fernandes  
Renato Malveira Carreiro do Nascimento  
Mariana Gabriely da Silva Menezes

**DOI 10.22533/at.ed.648191030913**

**CAPÍTULO 14 ..... 138**

AÇÃO E IMPACTO DE *MIDDLEBOXES* PRESENTES NA *WORLD WIDE WEB*

Adenes Sabino Schwantz  
Bruno Borsatti Chagas

**DOI 10.22533/at.ed.648191030914**

**CAPÍTULO 15 ..... 144**

VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DE RUTINA E QUERCETINA NAS FOLHAS DE *Senna acuruensis*

Lucivania Rodrigues dos Santos  
Adonias Almeida Carvalho  
Luanda Ferreira Floro da Silva  
Gerardo Magela Vieira Júnior  
Ruth Raquel Soares de Farias  
Mariana Helena Chaves

**DOI 10.22533/at.ed.648191030915**

**CAPÍTULO 16 ..... 157**

CLASSIFICAÇÃO TERMODINÂMICA DAS RADIOSSONDAGENS DE BELÉM DURANTE OS ANOS DE 2014 E 2015

Silvia Adriane Elesbão  
Alfredo Quaresma da Silva Neto  
Maria Aurora Santos da Mota

**DOI 10.22533/at.ed.648191030916**



**CAPÍTULO 17 ..... 170**

COMPOSIÇÃO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Psidium* (MYRTACEAE) DA AMAZÔNIA

Renan Campos e Silva  
Joyce Kelly do Rosário da Silva  
Rosa Helena Veras Mourão  
José Guilherme Soares Maia  
Pablo Luis Baia Figueiredo

**DOI 10.22533/at.ed.648191030917**

**CAPÍTULO 18 ..... 182**

CONSIDERAÇÃO DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA E DA ANÁLISE NÃO LINEAR NO PROJETO PRELIMINAR DE UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE

Wagner de Sousa Santos  
Rafael Marcus Schwabe

**DOI 10.22533/at.ed.648191030918**

**CAPÍTULO 19 ..... 195**

DESENVOLVIMENTO DE UMA MEMBRANA BIODEGRADÁVEL CONTENDO ÓLEO DE COPAÍBA (*copaifera spp*) OBTIDA POR ELETROFIAÇÃO

João de Deus Pereira de Moraes Segundo  
Maria Oneide Silva de Moraes  
Tainah Vasconcelos Pessoa  
Rosemeire dos Santos Almeida  
Ivanei Ferreira Pinheiro  
Karen Segala  
Walter Ricardo Brito  
Marcos Akira d'Ávila

**DOI 10.22533/at.ed.648191030919**

**CAPÍTULO 20 ..... 204**

EROSÃO HÍDRICA EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E ESTRATÉGIAS PARA O CONTROLE DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

Ana Beatriz Alves de Araújo  
Isaac Alves da Silva Freitas  
Gabriela Cemirames de Sousa Gurgel  
Ricardo Alves Maurício  
Clédson Lucena de Araújo  
Fiana Raissa Coelho Pereira  
Eduardo Maurício Gadelha  
Geovanna Maria Andrade de Oliveira  
Lígia Raquel Rodrigues Santos  
Matheus Monteiro da Silva  
Raniere Fernandes Costa  
Walesca Ferreira de Sousa

**DOI 10.22533/at.ed.648191030920**

**CAPÍTULO 21 ..... 214**

ESTUDO CATALÍTICO DA POLIMERIZAÇÃO RADICALAR MEDIADA POR [Ni<sup>II</sup>(N-SALICILIDENO-CICLOOCTILAMINA)<sub>2</sub>] EM ACETATO DE VINILA E METACRILATO DE METILA

Talita Teixeira da Silva  
Yan Fraga da Silva  
Manoel Henrique dos Santos Galvão  
Thais Teixeira da Silva  
Sâmia Dantas Braga  
Maria das Dores Alves de Oliveira  
Juliana Pereira da Silva  
Cristina Vidal da Silva Neta  
João Clécio Alves Pereira  
Geraldo Eduardo da Luz Júnior  
Valdemiro Pereira de Carvalho Júnior  
Nouga Cardoso Batista

**DOI 10.22533/at.ed.648191030921**

**CAPÍTULO 22 ..... 228**

DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL E ORGÂNICO EM AMOSTRAS DE PRÓPOLIS E GEOPRÓPOLIS DO ESTADO DO PARÁ

Brenda Tayná Silva da Silva  
Kelly das Graças Fernandes Dantas

**DOI 10.22533/at.ed.648191030922**

**CAPÍTULO 23 ..... 241**

AValiação da Secagem da Casca de Mangostão (*Garcinia mangostana* L.) em Diferentes Ambientes

Gabriela Nascimento Vasconcelos  
Elza Brandão Santana  
Rafael Alves do Nascimento  
Elisangela Lima Andrade  
Lorena Gomes Corumbá  
Lênio José Guerreiro de Faria  
Cristiane Maria Leal Costa

**DOI 10.22533/at.ed.648191030923**

**CAPÍTULO 24 ..... 254**

FAKE NEWS: UM PROBLEMA MIDIÁTICO MULTIFACETADO

Felipe de Matos Müller  
Márcio Vieira de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.648191030924**

**CAPÍTULO 25 ..... 268**

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE EM TANQUES DE NÍVEL DISPOSTOS DE FORMA NÃO-ITERATIVA

Luiz Fernando Gonçalves Pereira  
Fernando Lopes Santana  
Mario Luiz Pereira Souza  
Renan Zuba Parrela  
Saulo Fernando dos Santos Vidal

**DOI 10.22533/at.ed.648191030925**

<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>280</b>
IMPROVING URBAN MOBILITY THROUGH A BUS COLLABORATIVE SYSTEM	
Fábio Rodrigues de la Rocha	
Ramon Tramontin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030926</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>286</b>
GRAPPHIA: UMA FERRAMENTA <i>M-LEARNING</i> PARA ENSINO DA ORTOGRAFIA	
Luciana Pereira de Assis	
Adriana Nascimento Bodolay	
Luiz Otávio Mendes Gregório	
Magno Juliano Gonçalves Santos	
Alessandro Vivas Andrade	
Pedro Henrique Cerqueira Estanislau	
Gilberto Carvalho Lopes	
Daniela Perri Bandeira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030927</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>296</b>
LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DISPONÍVEIS PARA O ESTUDO DE ATERRAMENTOS ELÉTRICOS	
Marcos Vinicius Santos da Silva	
Márcio Augusto Tamashiro	
Kaisson Teodoro de Souza	
Antonio Marcelino da Silva Filho	
Humberto Rodrigues Macedo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030928</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>303</b>
METODOLOGIA DE PURIFICAÇÃO DA GLICERINA GERADA COMO COPRODUTO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL	
Paulo Roberto de Oliveira	
Elise Ane Maluf Rios	
Fernanda Joppert Carvalho de Souza	
Renan Vidal Viesser	
Patrick Rodrigues Batista	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030929</b>	
<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>316</b>
NÍVEL DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM UM DERRIÇADOR MECÂNICO PORTÁTIL UTILIZADO NO CAFEEIRO	
Geraldo Gomes de Oliveira Júnior	
Irlon de Ângelo da Cunha	
Adriano Bortolotti da Silva	
Raphael Nogueira Rezende	
Luana Elís de Ramos e Paula	
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho	
Paulo Henrique de Siqueira Sabino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030930</b>	

<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>323</b>
O ENSINO NA MODALIDADE EAD: PERSPECTIVAS SOBRE O PROCESSO EDUCATIVO NA MATEMÁTICA	
Lucilaine Goin Abitante	
Máriele Josiane Fuchs	
Elizangela Weber	
Cláudia Maria Costa Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030931</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>335</b>
O USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO APOIO AO ENSINO E APRENDIZADO: UMA ABORDAGEM BASEADA NO BYOD	
Claudiany Calaça de Sousa	
Ennio Willian Lima Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030932</b>	
<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>352</b>
COMPUTATIONAL METHOD $H_{\infty}$ APPLIED TO DEXTEROUS HAND MASTER - DHM	
Rildenir Silva	
Ivanildo Abreu	
Cristovam Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030933</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>363</b>
ÓXIDO DE CÁLCIO (CaO) OBTIDO POR PRECIPITAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE SOJA COMERCIAL	
Roberto Ananias Ribeiro	
Fernanda Barbosa Damaceno	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030934</b>	
<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>374</b>
PHOTOELECTROCATALYSIS PROPERTIES OF $CUWO_4$ POROUS FILM UNDER POLYCHROMATIC LIGHT	
Aline Estefany Brandão Lima	
Roberta Yonara Nascimento Reis	
Maria Joseíta dos Santos Costa	
João Paulo Carvalho Moura	
Luis Jefferson da Silva	
Reginaldo da Silva Santos	
Laécio Santos Cavalcante	
Elson Longo da Silva	
Geraldo Eduardo da Luz Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.648191030935</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>384</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>385</b>

## COMPUTATIONAL METHOD $H^\infty$ APPLIED TO DEXTEROUS HAND MASTER - DHM

**Rildenir Silva**

ril.ifmatematico@gmail.com

**Ivanildo Abreu**

ivanildoabreu@yahoo.com.br

**Cristovam Filho**

cristovamfilho17013@gmail.com

Universidade Estadual do Maranhão, São Luís,  
MA, Brazil

**ABSTRACT:** The most commonly used controller design techniques, such as LQR, PID and LQG, require only a simple model of the plant to be controlled. In particular, these control system design methods did not take into account, explicitly and quantitatively, possible perturbations, uncertainties, modeling errors in the system transfer function, noise measurements, among other uncertainties during the dynamic process of experiments. This work uses the computational method for the robust control of the mechanical system of the DHM (Dexterous Hand Master) through the mathematical modeling of the DHM plant, in order to determine a suitable robust controller of this plant able to stabilize the system, minimizing the effects of disturbances that are inherent in the system. The  $H^\infty$  controller for this system is designed considering some modeling of the uncertainties that characterize the disturbances inherent in the DHM plant. The simulations are

performed in MATLAB software and satisfactory results are presented.

**KEYWORDS:** Computational Methods,  $H^\infty$ , Robust, DHM Control

### 1 | INTRODUCTION

Controller design techniques, such as LQR, PID, and LQG, require only a simple model of the plant to be controlled, and it is generally important for the designer to have the following query: *the designed controller is robust against external uncertainties and perturbations?* These more traditional methods of control system design were created without explicitly and quantitatively taking into account these types of problems that affect the behavior of the system during the control process. In the literature for designing a PID controller with reasonably good performance, an accurate model of the plant to be controlled is not required. The PID controllers were considered to have some robustness in the sense of tolerating the uncertainty of the model. However, it should be noted that, in the design of the PID controllers, no quantitative information on the mismatch of the model is used. However, PID controllers may sometimes not guarantee system robustness.

The optimum control projected on Wiener's eminent filtering work in 1940 reached its maturity in 1960 with what we call the Linear Quadratic Gaussian or LQG control. Aerospace engineers were particularly successful in applying the LQG controller, but when other control engineers tried to use this same methodology in everyday industrial problems, a different problem arose. The accuracy of the plant models were often not available and the white noise hypothesis was not always relevant or significant in practice for control engineers. As a result, LQG projects sometimes did not guarantee robustness enough to be used in practice.

The  $H^\infty$  project played an important role in the study and analysis in control theory since its original formulation in an input-output configuration with (Zames, 1981). In this period, with the influential work of Zames, motivated by the shortcomings of the LQG control, there was a significant shift towards optimization for robust control. solutions in state-space form were strictly derived for the linear time-invariant case that required the resolution of several associated Riccati equations (Doyle et al., 1989). State-space formulas are derived for all drivers that solve a standard problem. The problem is reduced to a number  $\gamma > 0$ , find all controllers so that the norm of the closed-loop transfer function is (strictly) less than  $\gamma$ . A controller exists if and only if the stabilizing solutions unique to the two Riccati algebraic equations are positive and the spectral radius of its product is less than  $\gamma^2$ .

This formulation was based entirely on the frequency domain (Zames, 1981), suggesting that using the  $H^\infty$  standard as a measure of performance would better satisfy the demands on applications compared to the LQG control. The author claims that the few robustness properties of the LQG could be attributed to the integral criterion in terms of  $H^2$  standard, criticizing the representation of uncertain disturbances by processes of white noise, often unrealistic.

## 2 | METHODOLOGY $H^\infty$

Obtaining an optimal control using  $H^\infty$  is based on finding a controller that stabilizes a system, minimizing the effects of disturbances in the system. This standard is now used to numerically evaluate the sensitivity, robustness, and performance of the closed loop feedback system controller. The  $H^\infty$  methodology used in control theory has as main objective to synthesize controllers in order to reach stabilization with guaranteed performance. To use the  $H^\infty$  methods, a control project expresses the control problem as a mathematical optimization problem, and then finds the controller that resolves that optimization.

The techniques of  $H^\infty$  control have the advantage of classical control techniques, the ease of applications that involve problems of multivariate systems with cross couplings between the channels (Dorf and Bishop, 2011). The robust control approach using the  $H^\infty$  controller design is described in the simplest possible

terms in order to provide a complete overview of the application area. This project includes updated research and offers theoretical and practical applications including flexible structures, robotics, automotive and aircraft control. (Lin, 2007).

The disadvantages of  $H^\infty$  include the level of understanding of the mathematics involved needed to successfully implement them and the need for a reasonably good model of the system to be controlled. It is important to note that the resulting controller is only optimized over the prescribed cost function and does not necessarily represent the best controller in terms of the usual performance measures used to evaluate controllers, such as spare time, spent power, etc.

## 2.1 Mathematical Model of $H^\infty$

The term  $H^\infty$  comes from the name of the mathematical space on which optimization occurs.  $H^\infty$  is the Hardy space of functions of matrices that are analytic and delimited in the half of the open right part of the complex plane defined by  $\text{Re}(S) > 0$ . In complex analysis, Hardy (or Hardy classes) spaces  $H^\infty$  are certain spaces of holomorphic functions in the disk drive or in the middle of the upper plane (Cruz, 1996).

The  $H^\infty$  rule is the maximum singular value of the function on that space. This can be interpreted as a maximum gain in any direction and at any frequency for the SISO systems, effectively characterizing the maximum magnitude of the frequency response. The  $H^\infty$  techniques can be used to minimize the impact of a closed loop perturbation: depending on the formulation of the problem, the impact will be measured in terms of stabilization or performance. However, optimizing robust performance and robust stabilization at the same time is not a very easy task. (Doyle and Stein, 1979).

## 2.2 Standards for signs and systems

According to (Dorf and Bishop, 2011), linear, time invariant, causal and finite-dimensional systems are considered. In the time domain, an input-output model for this system has the form of a convolution function given by:

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t - \tau)u(\tau)d\tau \quad (1)$$

This system has a state space model given by:

$$x(t) = Ax(t) + Bu(t) \quad e \quad y(t) = Cx(t) + Du(t) \quad (2)$$

where  $A, B, C, D$  are real matrices of appropriate size.

Let  $G(s)$  be the transfer matrix of the system given by:

$$G(s) = D + C (sI - A)^{-1}B \quad (3)$$

Another well known notation is the dot matrix notation of the compressed system given by:

$$G(s) = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \quad (4)$$

where  $G(s)$  is a block matrix.

### 2.3 Standard for systems

The standard  $HP$  with  $1 \leq p \leq \infty$  for multivariate systems is given by a stable transfer function  $G$  :

$$\|G\|_p = \left( \int_{-\infty}^{\infty} |G(j\omega)|^p d\omega \right)^{\frac{1}{p}} \quad (5)$$

A norma  $H^\infty$  é dada por:

$$\|G\|_\infty = \sup_{\omega} \sigma_{\max} |G(j\omega)| \quad (6)$$

where  $\sigma_{\max}$  is the maximum singular value.

Two well-known performance measures in optimal control theory are the  $H_2$  e  $H^\infty$  rules defined in the frequency domain by a stable transfer matrix  $G(s)$ ;

$$\|G\|_2 = \left( \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \text{trace}[G(j\omega) * G(j\omega)] d\omega \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

### 2.4 Hamiltonian matrix notation

The solution to the control problem contains algebraic Riccati equations in which the following Hamiltonian matrix notation is introduced to simplify the representation of the EAR solution. Consider the following Riccati equation:

$$A^T P + PA + Q - PBR^{-1}B^T P = 0 \quad (8)$$



The solution that stabilizes this equation is given by the matrix  $P$  of the Riccati equation as a function of the matrix  $H$ ,  $P = P(H)$ , where  $H$  is represented by:

$$H = \begin{bmatrix} A & BR^{-1}B^T \\ -Q & -A^T \end{bmatrix} \quad (9)$$

being  $(A - BR^{-1}B^TP)$  stable.

## 2.5 Implementation Methodology $H^\infty$

First, the process is represented according to the following standard configuration:

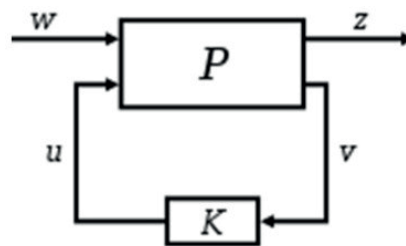


Figure 1- Standard feedback control

In matrix form it is:

$$\begin{bmatrix} z \\ v \end{bmatrix} = P(s) \begin{bmatrix} w \\ u \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$= \begin{bmatrix} P_{11}(s) & P_{12}(s) \\ P_{21}(s) & P_{22}(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ u \end{bmatrix} \quad (11)$$

Where,  $u = k(s)v$ .

The realization in state space of the generalized plant  $P$  is given by:

$$P = \left[ \begin{array}{c|cc} A & B_1 & B_2 \\ \hline C_1 & D_{11} & D_{12} \\ C_2 & D_{21} & D_{22} \end{array} \right]$$

Or

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + B_{11}w + B_2u \\ z = C_1x + D_{11}w + D_{12}u \\ y = C_2x + D_{21}w + D_{22}u \end{cases} \quad (12)$$

The diagram of Figure 1 represents a general description of the robust control

system structure in which  $P(s)$  is the generalized two-input plant model, the exogenous input  $w(t)$ , which includes reference signal and disturbances, and the manipulated variables  $u(t)$ . There are two outputs, the error signals  $z(t)$  that we want to minimize, and the measured variables  $v(t)$ , which we use to control the system, where is the controller model.  $v(t)$  is used in  $K$  to calculate the manipulated variable  $u(t)$ . Note that all these variables are usually vectors whereas  $P$  and  $K$  are arrays.

Direct manipulations provide the following closed-loop transfer function:

$$T_{zw}(s) = P_{11}(s) + P_{12}(s)[I - K(s)P_{22}(s)]^{-1}K(s)P_{21}(s) \quad (13)$$

The expression (13) is also known as Linear Fractional Transformation (LFT) of the inter-connected system.

In short, the purpose of the robust control is to find a controller that stabilizes  $\mathbf{u}(s) = \mathbf{K}(s)\mathbf{v}(s)$  so that to minimize the norm:

$$\|T_{z \rightarrow w}(P, K)\|_{\infty}$$

in which the norm is subject to the  $K$  controller that stabilizes  $P$  internally.

According to (Chen et al., 2007), the small gain theorem tells us that: since  $M(s)$  is stable and  $\gamma > 0$ . The interconnected system shown in figure 2 is well positioned and internally stable for every stable  $\Delta(s)$  if the condition of the small gain,

$$\|(M(s))\|_{\infty} \|\Delta(s)\|_{\infty} < 1 \quad (14)$$

is satisfied.

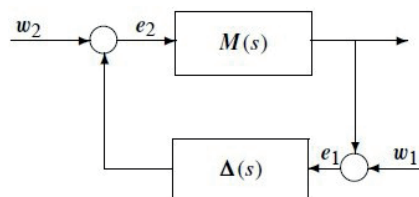


Figure 2- Scheme for the small gain theorem.

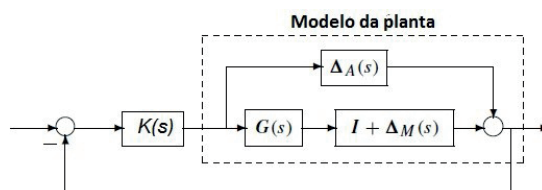


Figure 3- Feedback control with uncertainty.

## 2.6 Unstructured uncertainties

According (Skogestad and Postlethwaite, 2007), unstructured uncertainties can be classified into additive and multiplicative uncertainties. The structure of the feedback system with uncertainties is shown in Figure 3;

In general, the uncertainty model can be represented as follows:

$$G_p(s) = \Delta A(s) + G(s)[I + \Delta M(s)] \quad (15)$$

In which: if  $\Delta_A(s) \equiv 0$ , then  $G_p(s)$  is a multiplicative uncertainty model; case  $\Delta_M(s) \equiv 0$  the model  $G_p(s)$  is characterized as an additive uncertainty, with the result that  $G_p(s) = G(s) + \Delta_A(s)$  (Doyle and Stein, 1979).

The diagram shown in figure 4, shows the weighted control structure in which  $W_1$ ,  $W_2$  and  $W_3$  are the weighted sensitivity functions.

It is assumed that  $G(s)$ ,  $W_1$  and  $W_3$  are all themselves, that is, they are bounded when  $s$ , where  $z(t) = [z_1, z_2, z_3]^T$  are output vectors not directly used to construct the control signal vector  $w_2$ .

## 2.7 Optimum controller design $H^\infty$

In the optimal controller design  $H^\infty$  the optimal criterion is defined as follows:

$$\max_{\gamma} \|T_{zw}\| < \frac{1}{\gamma} \quad (16)$$

Or

$$\max_{\gamma} \begin{bmatrix} W_1 S \\ W_2 K S \\ W_3 T \end{bmatrix} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (17)$$

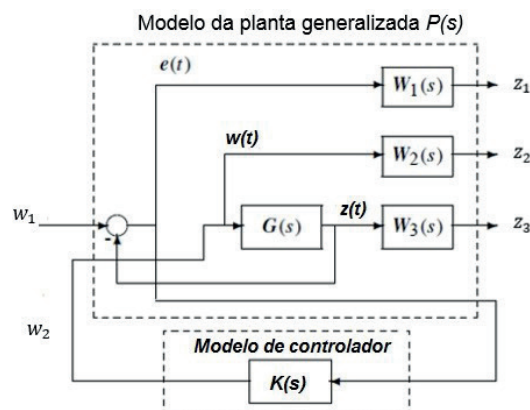


Figure 4- General block diagram of the weighted sensitivity functions

The three above weights can be individually weighted by  $y$ , through interactions with  $y$  variation, thus obtaining the optimal  $y^*$ .

### 3 | RESULTS

The DHM transfer function, was determined by a 3rd order differential equation and placed in the transfer function form and is given by:

$$G(s) = \frac{1}{s(s+5)(s+10)} \quad (18)$$

After simulations performed with MATLAB, we obtained the weighting functions that represent the uncertainties of the system with variation of the parameter  $\rho$ :

$$W_1(s) = \frac{100(0.005s+1)^2}{\rho(0.2s+1)^2} \quad (19)$$

$$W_3(s) = \frac{s^2}{40000} \quad (20)$$

Figures 5 and 6 represent the Bode diagram of the weighting functions  $W_1(s)$  and  $W_3(s)$ , respectively. From the *hinf* (.) function of MATLAB, one can design the  $H^\infty$  controller directly and the generalized two-port plant can be stabilized. The generalized plant controller  $G_c(s)$  is obtained in the following form:

$$G_c(s) = \frac{3.4391(s+10)(s+5)(s+42.84)}{(s+5)^2(s^2+308.5s+4.388)} \quad (21)$$

Figures 7 and 8 show the closed loop system response to different values  $\rho$  in the weighting function  $W_1(s)$ . It is concluded from the graphs that the smaller the value of the parameter  $\rho$  the greater the response to the step of the system with reduced overshoot, remaining approximately the same form in the curves of the dynamic response.

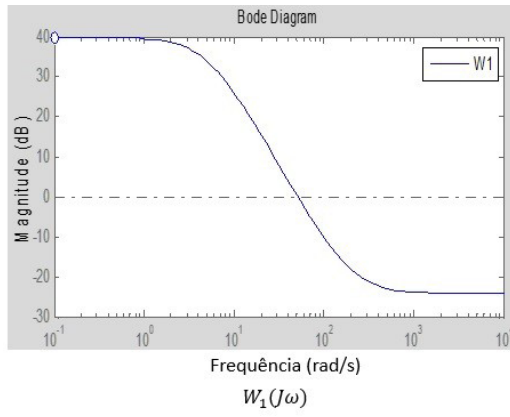


Figure 5- Weighting function  $W_1$

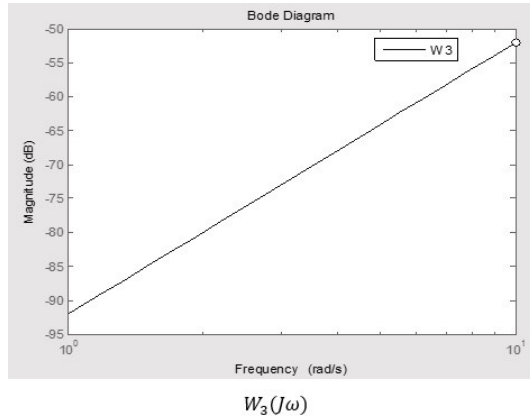


Figure 6- Weighting function  $W_3$

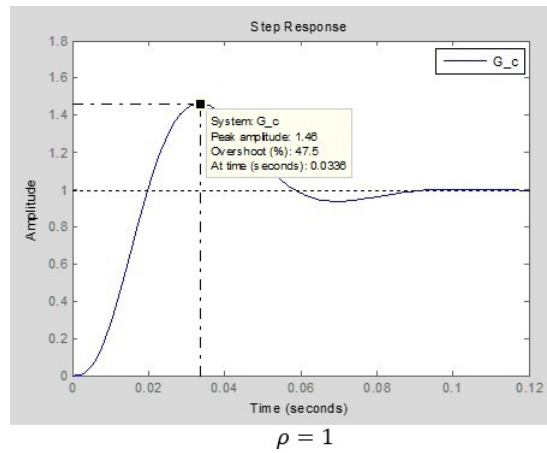


Figure 7- Response to step to variation  $\rho$

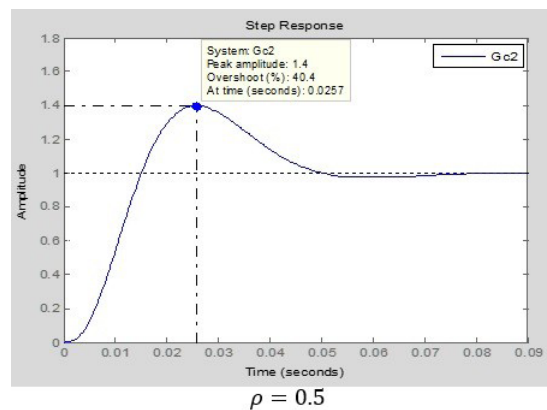


Figure 8- Response to step to  $\rho$ .

To ensure the existence of a robust  $H^\infty$  controller for DHM, we use perturbation parameters  $\delta \epsilon (10, 10)$  in the plant model. It can be seen that although the plant model is intensely disturbed, for example, from unstable to stable and with great change in the positions of the poles, the responses to the step are quite close, thus guaranteeing the robustness of the DHM system. When  $\delta < 0$ , the model of the open-loop plant is unstable. The response to the step for the same  $H$  controller can be obtained.

The optimal  $H^\infty$  controller is obtained from the interaction, as shown in figure 9, obtaining  $\gamma^* = 1.2891$  and the optimum controller designed is:

$$G_{H^\infty}(s) = \frac{4.5891(s + 55.03)(s^2 + 10s + 50)}{(s + 1.496)^2(s + 262.5)(s + 5)^2} \quad (22)$$

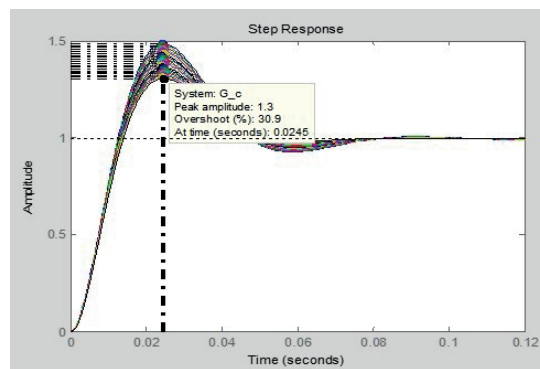


Figure 9- Step response to the controller  $H^\infty$  ótimo.

## 4 | CONCLUSION

It can be verified that the results for the robust controller designed for the DHM obtained satisfactory results since they meet the criteria of robustness and satisfy the theorem of the small gain. The decoupling problem of the multivariable control is solved successfully and the performance of the answers is well accepted, respecting, therefore, the robust control requirements, thus allowing a greater applicability of this computational method in other real dynamic systems.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Thank you for the support of the mathematics department DEMAT and the Department of Computer Engineering of UEMA for the encouragement in the experiments carried out.

## REFERENCES

Chen, Y., Atherton, D. P., et al. (2007). *Linear feedback control: analysis and design with MATLAB*, volume 14. Siam.

Cruz, J. d. (1996). Controle robusto multivariável. *Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.*

Dorf, R. C. and Bishop, R. H. (2011). *Modern control systems*. Pearson.

Doyle, J. and Stein, G. (1979). Robustness with observers. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 24(4):607–611.

Lin, F. (2007). *Robust control design: an optimal control approach*, volume 18. John Wiley & Sons.

Skogestad, S. and Postlethwaite, I. (2007). *Multivariable feedback control: analysis and design*, volume 2. Wiley New York.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CLEBERTON CORREIA SANTOS-** Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber\_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento urbano 78

Aprendizagem 35, 38, 39, 46, 47, 48, 286, 287, 288, 289, 295, 323, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 336, 339, 341, 343, 345, 348, 350

Aspergillus flavus 105, 106, 108, 109, 110, 114, 115

Aterramentos elétricos 296, 297, 301, 302

Atividade antioxidante 170, 171, 172, 175, 179, 180, 181

### B

Biodiesel 303, 304, 305, 306, 314, 315, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373

Biotransformação 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 131

### C

Cadernos escolares 1, 3, 4, 5, 9

Cafeeiro 317

Catálise 24, 26, 117, 126, 222, 363, 366, 368

### D

Dispositivos móveis 286, 289, 293, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 345, 346, 347, 349, 350, 351

### E

Ensino 1, 2, 4, 12, 13, 15, 17, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 47, 48, 80, 105, 286, 287, 288, 294, 295, 297, 298, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 344, 346, 348, 349, 350, 351

Escolas paroquiais 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13

### G

Geometria 2, 12, 28, 185, 187, 299

### H

História da Educação Matemática 1, 2, 14

### I

Impactos ambientais 61, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 107, 210

## **K**

Kavain 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

## **L**

Lama abrasiva 59, 60

## **M**

Metátese 116, 117, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126

Middleboxes 138, 139, 140, 141, 142, 143

Modelagem computacional 49, 50, 69, 296

## **N**

Nanopartículas 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 196, 203

## **O**

Óxido de cálcio 363, 364, 367, 368, 369, 371, 373

Óxido de cobre 24, 25, 27, 30, 31, 33, 34

## **P**

Polimerização Radicalar 215

## **R**

Resíduos industriais 59

Resistividade do solo 296

Rhodamine B 374, 376, 381, 382

Robótica 35, 37, 38, 40, 41, 46, 47, 48

## **S**

Smart Cities 280

## **T**

Transporte de nêutrons 49, 50, 51, 57

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-641-6

