

# O Ensino Aprendizagem face às Alternativas Epistemológicas 2



Adriana Demite Stephani  
(Organizadora)

# O Ensino Aprendizagem face às Alternativas Epistemológicas 2



Adriana Demite Stephani  
(Organizadora)

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:** Geraldo Alves

**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  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di 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  
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  
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  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
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 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  
Profª Drª 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. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
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. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
 (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E59 O ensino aprendizagem face às alternativas epistemológicas 2  
 [recurso eletrônico] / Organizadora Adriana Demite Stephani. –  
 Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-85-7247-954-7  
 DOI 10.22533/at.ed.547202301

1. Aprendizagem. 2. Educação – Pesquisa – Brasil. 3. Ensino –  
 Metodologia. I. Stephani, Adriana Demite.

CDD 371.3

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

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

## APRESENTAÇÃO

A coleção “Universidade, Sociedade e Educação Básica: intersecções entre o ensino, pesquisa e extensão” – contendo 52 artigos divididos em 2 volumes – traz discussões pontuais, relatos e reflexões sobre ações de ensino, pesquisa e extensão de diversas instituições e estados do país. Essa diversidade demonstra o importante papel da Universidade para a sociedade e o quanto a formação e os projetos por ela desenvolvidos refletem em ações e proposituras efetivas para o desenvolvimento social.

Diálogos sobre a formação de docentes de química e o ensino de química na Educação Básica iniciam o volume I, composto por 26 textos. São artigos que discutem sobre esse ensino desde a educação infantil, perpassando por reflexões e questões pertinentes à formação de docentes da área – o que pensam os licenciados e o olhar sobre polos de formação, bem como, o uso de diferentes recursos e perspectivas para o ensino. A esses primeiros textos, na mesma perspectiva de discussão sobre formas de ensinar, seguem-se outros sobre o ensino de matemática, geografia e ciências, tendo como motes para dessas discussões a ludicidade, interatividade, interdisciplinaridade e ensino a partir do cotidiano e da localidade. Dando sequência, o volume I também traz artigos que apresentam trabalhos com abordagens inovadoras para o ensino para pessoas com deficiências, com tabelas interativas, recursos experimentais e a transformação de imagens em palavras, favorecendo a inclusão. Fechando o volume, completam esse coletivo de textos, artigos sobre o comprometimento discente, a superação do trote acadêmico, o ensino de sociologia na atualidade, a relação da velhice com a arte, discussões sobre humanidade, corpo e emancipação, e, entre corpo e grafismo.

Composto por 26 artigos, o volume II inicia com a apresentação de possibilidades para a constituição de parceria entre instituições de ensino, aplicabilidade de metodologias ativas de aprendizagem em pesquisas de iniciação científica, a produção acadêmica na sociedade, a sugestão de atividades e estruturas de ambientes virtuais de aprendizagem e o olhar discente sobre sua formação. Seguem-se a estes, textos que discutem aspectos históricos e de etnoconhecimentos para o trabalho com a matemática, como também, um rol de artigos que, de diferentes perceptivas, abordam ações de ensino, pesquisa e extensão nos cursos de engenharia e de ciências na perspectiva da interdisciplinaridade. Contribuição para a sociedade é linha condutora dos demais textos do volume II que apresentam projetos que versam sobre estratégias para o combate ao mosquito da dengue, inertização de resíduo de barragem em material cerâmico, protótipo de automação de estacionamento, produção de sabão ecológico partir da reciclagem do óleo de cozinha, sistema fotovoltaico suprindo uma estação rádio base de telefonia celular, e, o controle digital

de conversores.

Convidamos o leitor para navegar por esses mares de leituras com tons e olhares diversos que apresentam o que as universidades estão discutindo, fazendo e apresentando a sociedade!

Adriana Demite Stephani

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
OS CAMINHOS PERCORRIDOS PARA A CONSTITUIÇÃO DE UMA PARCERIA ENTRE INSTITUIÇÕES DE ENSINO	
Susimeire Vivien Rosotti de Andrade Adriana Stefanello Somavilla	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5472023011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE – APLICABILIDADE DE METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM EM PESQUISAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA	
Ricardo Luiz Perez Teixeira Cynthia Helena Soares Bouças Teixeira Priscilla Chantal Duarte Silva Leonardo Lúcio de Araújo Gouveia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5472023012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
PETEE CEFET-MG CAMPUS NEPOMUCENO EVIDENCIANDO A PRODUÇÃO ACADÊMICA NA SOCIEDADE	
Ludmila Aparecida de Oliveira Samuel de Souza Ferreira Terra Iago Monteiro Vilela Sara Luiza da Silva Reginaldo Barbosa Fernandes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5472023013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
CANVAS FOR DEVELOPMENT OF ACADEMIC PROJECTS IN ENGINEERING: AN APPLICATION IN SOFTWARE ENGINEERING	
José Augusto Fabri Rodrigo Henrique Cunha Palácios Francisco de Assis Scannavino Junior Wagner Fontes Godoy Márcio Mendonça Lucas Botoni de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5472023014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
ESAE – ENSINO SISTEMÁTICO, ADAPTATIVO E EXPERIMENTAL: UMA NOVA ABORDAGEM INTERATIVA PARA GERENCIAR AMBIENTES DE APRENDIZAGEM NA ERA DIGITAL	
Juliana de Santana Silva Herman Augusto Lepikson Armando Sá Ribeiro Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5472023015</b>	



<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>58</b>
<b>INTERDISCIPLINARIDADE NO PROBLEMA DE AJUSTE DE CURVA À DADOS EXPERIMENTAIS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Marcos Henrique Fernandes Marcone</li> <li>Caio Victor Macedo Pereira</li> <li>Fabiana Tristão de Santana</li> <li>Fágner Lemos de Santana</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5472023016</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>70</b>
<b>LIDERANÇA E ENGENHARIA: MAPEAMENTO DE PERFIL EM EMPRESAS DO VALE DO PARAÍBA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Michelle Morais Garcia</li> <li>Maria Auxiliadora Motta Barreto</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5472023017</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>83</b>
<b>AValiação de Competências Transversais em Disciplina Integradora Empresa-Universidade</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Maria Angélica Silva Cunha</li> <li>Maria Auxiliadora Motta Barreto</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5472023018</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>95</b>
<b>A PERCEPÇÃO DOS ALUNOS SOBRE A DISCIPLINA DE BIOESTATÍSTICA EM UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA NO SUDESTE DO PARÁ, BRASIL</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Eric Renato Lima Figueiredo</li> <li>Leiliane dos Santos da Conceição</li> <li>Kivia Letícia dos Santos Reis</li> <li>Ana Cristina Viana Campos</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5472023019</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>106</b>
<b>O <i>DESIGN THINKING</i> COMO METODOLOGIA DE PROJETO APLICADA AOS ALUNOS INGRESSANTES NO CURSO DE ENGENHARIA: O PROJETO “OPENFAB”</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Claudia Alquezar Facca</li> <li>Patrícia Antônio de Menezes Freitas</li> <li>Hector Alexandre Chaves Gil</li> <li>Felipe Perez Guzzo</li> <li>Ana Mae Tavares Bastos Barbosa</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54720230110</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>119</b>
<b>O ENSINO DE GENÉTICA EM INTERFACE COM A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA E A APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Juliana Macedo Lacerda Nascimento</li> <li>Rosane Moreira Silva de Meirelles</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54720230111</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 129**

A COMPETIÇÃO DE PONTES DE MACARRÃO PARA ALUNOS INGRESSANTES NO CURSO DE ENGENHARIA: UM INÍCIO AO DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS

Cristiano Roberto Martins Foli  
Daniela Albuquerque Moreira Madani  
Eduardo Mikio Konigame  
Fernando Silveira Madani  
Frederico Silveira Madani  
Joares Lidovino dos Reis Junior

**DOI 10.22533/at.ed.54720230112**

**CAPÍTULO 13 ..... 139**

OS USOS/SIGNIFICADOS DAS MATEMÁTICAS NO COTIDIANO DE UM PRODUTOR DE FARINHA À LUZ DA TERAPIA WITTGENSTEINIANA

Isnaele Santos da Silva  
Simone Maria Chalub Bandeira Bezerra  
Denison Roberto Braña Bezerra  
Mário Sérgio Silva de Carvalho  
Elizabeth Silva Ribeiro  
Ivanilce Bessa Santos Correia  
Thayane Benesforte Silva  
Raimundo Nascimento Lima  
Maria Almeida de Souza  
Ismael Santos da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.54720230113**

**CAPÍTULO 14 ..... 152**

GRANDEZAS E MEDIDAS: DA HISTÓRIA DA BALANÇA À CONTEXTUALIZAÇÃO CURRICULAR

João Pedro Mardegan Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.54720230114**

**CAPÍTULO 15 ..... 164**

A IMPORTÂNCIA DO CICLO BÁSICO DAS ENGENHARIAS NA COMPREENSÃO DOS PROCESSOS DE UM SISTEMA MARÍTIMO DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO: UM EXEMPLO DE INTERDISCIPLINARIDADE

Hildson Rodrigues de Queiroz  
Geraldo Motta Azevedo Junior  
Flávio Maldonado Bentes  
Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega  
Franco Fattorillo

**DOI 10.22533/at.ed.54720230115**

**CAPÍTULO 16 ..... 176**

ATIVIDADES DE CONCEPÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E PROCESSOS PELO ENGENHEIRO: A ETNOGRAFIA COMO ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA

Brenda Teresa Porto de Matos  
Marilise Luiza Martins dos Reis Sayão

**DOI 10.22533/at.ed.54720230116**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>191</b>
PROJETO INTEGRADOR DO CURSO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE - INERTIZAÇÃO DE RESÍDUO DE BARRAGEM EM MATERIAL CERÂMICO	
Leila Figueiredo de Miranda Terezinha Jocelen Masson Antonio Hortêncio Munhoz Junior Alfonso Pappalardo Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54720230117</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>205</b>
PROTOTIPAGEM DE UM SISTEMA DE AUTOMATIZAÇÃO DE TESTES HIDROSTÁTICOS COMO FERRAMENTA PARA ENSINO MULTIDISCIPLINAR E MULTI NÍVEL DE ENGENHARIA	
Filipe Andrade La-Gatta Álison Alves Almeida Letícia de Almeida Pedro Ivo Ferreira de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54720230118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>215</b>
PARKAPP – UM PROTÓTIPO DE AUTOMAÇÃO DE ESTACIONAMENTO UTILIZANDO INTERNET OF THINGS: RELATO DE EXPERIÊNCIA	
Paulo Vitor Barbosa Ramos Anrafel Fernandes Pereira Fernanda Silva Gomes Diego Silva Menozzi José Thomaz de Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54720230119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>227</b>
ESTRATÉGIAS PARA O COMBATE AO MOSQUITO DA DENGUE: UMA MOBILIZAÇÃO COOPERATIVA EM UMA ESCOLA PÚBLICA	
Bernardo Porphirio Balado Thauane Cristine Cardoso de Souza William da Silva Hilário	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54720230120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>236</b>
PARQUE ZOOBOTÂNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE: UMA PROPOSTA DE ESPAÇO NÃO FORMAL DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS	
Lívia Fernandes dos Santos Adriana Ramos dos Santos Danielly de Sousa Nóbrega	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54720230121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>243</b>
INFLUÊNCIA DA PROTOTIPAGEM 3D NO ENSINO DE CIÊNCIAS DOS MATERIAIS	
Gustavo Dinis Viana Paulo Eduardo Santos Nedochetko Ana Paula Fonseca dos Santos Nedochetko	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54720230122</b>	

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>257</b>
PROJETO “SABÃO ECOLÓGICO” - UM MÉTODO EDUCACIONAL PARA RECICLAGEM DO ÓLEO DE COZINHA NO IF SUDESTE MG, CAMPUS SÃO JOÃO DEL-REI	
Ana Cláudia dos Santos	
Raíra da Cunha	
Viviane Vasques da Silva Guilarduci	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54720230123</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>266</b>
ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO SUPRINDO UMA ESTAÇÃO RÁDIO BASE DE TELEFONIA CELULAR	
Geraldo Motta Azevedo Junior	
Antonio José Dias da Silva	
Monique Amaro de Freitas Rocha Nascimento	
Daniel dos Santos Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54720230124</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>278</b>
CONTROLE DIGITAL DE UM CONVERSOR CC-CC EM MODO STEP-DOWN	
Alynne Ferreira Sousa	
Paulo Régis Carneiro de Araújo	
Clauson Sales do Nascimento Rios	
Victor Alisson Manguiera Correia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54720230125</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>292</b>
CULTURA NA ESCOLA. A QUADRILHA	
Luciene Guisoni	
<b>DOI 10.22533/at.ed.54720230126</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>295</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>296</b>

## INTERDISCIPLINARIDADE NO PROBLEMA DE AJUSTE DE CURVA À DADOS EXPERIMENTAIS

Data de aceite: 13/01/2020

### **Marcos Henrique Fernandes Marcone**

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59078-970, Caixa Postal 1524  
Natal-RN, Brasil

### **Caio Victor Macedo Pereira**

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59078-970, Caixa Postal 1524  
Natal-RN, Brasil

### **Fabiana Tristão de Santana**

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59078-970, Caixa Postal 1524  
Natal-RN, Brasil

### **Fágner Lemos de Santana**

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59078-970, Caixa Postal 1524  
Natal-RN, Brasil

**RESUMO:** Neste trabalho, importantes conceitos das Ciências Exatas, Computação e Engenharias atuam de forma interdisciplinar para obter a melhor solução aproximada para um experimento físico. O objetivo do trabalho é mostrar como diferentes teorias podem ser usadas para solucionar problemas

nas Engenharias. Mais especificamente, serão utilizados aqui o método de Mínimos Quadrados (estudado na Álgebra Linear), as incertezas e operações intervalares (estudados na Matemática Intervalar) e a linguagem Python (estudada na computação) para resolver um sistema intervalar que fornece a melhor função aproximada que ajusta um conjunto de dados oriundos de um experimento físico, no qual um carro se deslocava com aceleração nula sob um trilho de ar horizontal. Ao fazer esse tipo de abordagem usando a Matemática Intervalar, busca-se inferir como as incertezas provenientes do experimento, assim como os erros gerados pelas representações e operações dos números em computadores, interferem no resultado obtido. Para isso, se fez necessário a utilização da biblioteca Python for Extended Scientific Computing (Python-XSC), a qual é baseada na estrutura da aritmética intervalar e fornece funções para a resolução de sistemas lineares intervalares. A aplicação do estudo feito se mostrou bastante eficiente e de fácil utilização, além de estimular os estudantes de engenharia a buscarem soluções inovadoras através da interdisciplinaridade das teorias estudadas na área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aproximação de Funções. Matemática Intervalar. Mínimos Quadrados. Python. PYXSC.

## INTERDISCIPLINARITY IN THE CURVE ADJUSTMENT PROBLEM TO EXPERIMENTAL DATA

**ABSTRACT:** This document presents important concepts of the Exact Sciences, Computing and Engineering that together act in an interdisciplinary way to obtain the best approximate solution for a physical experiment. The objective of this paper is to show how different theories can be used to solve problems in Engineering. More specifically, we will use here the method of least squares (studied in Linear Algebra), the uncertainties and interval operations (studied in Interval Mathematics) and the Python language (studied in computing) to solve an interval system that provides the best function which adjusts a set of data from a physical experiment in which a car moves with zero acceleration under a horizontal air path. In doing this type of approach using the Interval Mathematics, it is sought to infer how the uncertainties arising from the experiment, as well as the errors generated by the representations and operations of the numbers in computers, interfere in the obtained result. For this, it was necessary to use the Python for Extended Scientific Computing (PYXSC) library, which is based on the structure of interval arithmetic and provides functions for the resolution of linear interval systems. The application of the study was very efficient and easy to use, as well as encouraging engineering students to seek innovative solutions through the interdisciplinarity of the theories studied in the area.

**KEYWORDS:** Function Approximation. Interval Mathematics. Least Squares. Python. PYXSC.

### 1 | INTRODUÇÃO

As metodologias aplicadas no ensino de engenharia que utilizam simultaneamente diferentes conhecimentos, têm por objetivo contribuir com a formação dos estudantes e dar a eles a oportunidade de simular alguns desafios encontrados na prática de um engenheiro. Por exemplo, utilizar situações problema, segundo Araújo *et al.* (2016), é uma metodologia de ensino que proporciona melhor compreensão e fixação dos conteúdos estudados, além de tornar o aprendizado mais significativo.

Outro fator que reforça a necessidade de aplicações de metodologias inovadoras no ensino de engenharia é o atual mercado de trabalho, que tem exigido alta qualidade dos profissionais em engenharia. Além do conhecimento adquirido em sua formação, espera-se que o engenheiro seja capaz de buscar novos conhecimentos e maneiras para solucionar os problemas e situações inusitadas em sua prática de trabalho (PEREIRA; FREIRE; SEIXAS, 2003).

O uso da interdisciplinaridade na formação dos estudantes tem muitos papéis importantes, como, por exemplo, mostrar que conteúdos estudados em disciplinas diferentes podem ser usados simultaneamente na resolução de problemas,

desenvolver a capacidade de trabalhar em equipe, simular problemas que são encontrados na prática de trabalho permitindo que haja uma análise crítica e sugestões criativas para solucioná-los, dentre outros.

Dentro do contexto da interdisciplinaridade, o objetivo deste trabalho foi reunir conceitos importantes de algumas disciplinas, como Álgebra Linear, Matemática Intervalar, Computação e Física para utilizar um módulo computacional de resolução de sistemas lineares com coeficientes intervalares, denominado *Python for Extended Scientific Computing (Python-XSC)*, e adotá-lo para encontrar a melhor função que ajusta dados, como aqueles obtidos de práticas experimentais.

Os resultados que serão apresentados aqui foram desenvolvidos em um projeto de iniciação científica, onde foi necessário o uso de diferentes teorias e um conhecimento aprofundado de programação. No entanto, será mostrado que a utilização da ferramenta já desenvolvida é fácil e proporciona excelentes resultados, principalmente em problemas reais, oriundos de experimentos, onde a análise estatística de erros é necessária.

Os dados numéricos oriundos de práticas experimentais trazem uma incerteza inerente do próprio processo de medição. Esses dados, geralmente associados a grandezas físicas, devem ser claramente interpretados e, muitas vezes, essas medidas ficam sujeitas a erros que não se pode eliminar (NAGASHIMA, 2019). É neste contexto que se vê uma grande utilidade para a Matemática Intervalar, que representando dados em forma de intervalos consegue incluir ao valor mais provável o máximo de informação com uma amplitude mínima, como ressaltam Hansen (1992) e Moore (1979).

Também existe uma grande diversidade de trabalhos utilizando a Matemática Intervalar na área da computação científica, pois nesse ambiente ela se torna um instrumento muito poderoso na análise e controle de erros oriundos da limitação do sistema de ponto flutuante (KEAFORT, 2013). Além disso, em geral, a Matemática Intervalar torna mais perceptível a influência dos erros de entrada e de representações numéricas feitas pelo computador no resultado obtido durante processo matemático-computacional (GRIGOLETTI *et al.*, 2006).

O trabalho está organizado da seguinte forma. Na Seção 2 serão apresentados importantes conceitos da Álgebra Linear utilizados para definir o método para obtenção da melhor solução aproximada para sistemas inconsistentes. Este método, conhecido por Mínimos Quadrados tem grandes aplicabilidades práticas. Na Seção 3 serão apresentadas as principais definições e funções da Matemática Intervalar usadas neste trabalho para o tratamento da incerteza. Além disso, nesta seção é apresentado o módulo *Python for Extended Scientific Computing (Python-XSC)* (GRIGOLETTI; DIMURO; BARBOZA, 2007), o qual é capaz de fornecer a solução de sistemas intervalares. Na Seção 4, é apresentado um experimento físico realizado

em laboratório com o objetivo de obter a melhor função de ajuste de dados. O problema será modelado utilizando um sistema linear intervalar e será mostrado como o Python-XSC é utilizado para obtenção da função ótima. Por fim, serão feitas as considerações finais do trabalho.

## 2 | APROXIMAÇÃO DE FUNÇÕES COM A ÁLGEBRA LINEAR

Muitos problemas experimentais, que lidam com análise de dados, têm por objetivo encontrar uma função aproximada que se ajusta a um conjunto de dados  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$  com um erro mínimo.

Segundo a Álgebra Linear, para encontrar uma função  $y = f(x)$  para este problema, deve-se supor que todos os pontos  $(x_n, y_n)$  satisfazem a função. Como existem  $n$  dados, este procedimento gera o sistema  $A\vec{u} = \vec{w}$  de  $n$  equações com o número de variáveis correspondente aos coeficientes da função  $y = f(x)$ . Por exemplo, se a função for da forma  $y = ax + b$  o sistema terá as variáveis  $a$  e  $b$ , ou se for  $y = ax^2 + bx + c$  as variáveis do sistema serão  $a, b$  e  $c$ . Independente da função, o sistema será inconsistente pois, na verdade, os pontos não estão todos sobre a curva descrita pela função escolhida (KOLMAN; HILL, 2012).

A resolução deste problema utiliza o método clássico da Álgebra Linear conhecido por método dos Mínimos Quadrados que, utilizando projeções ortogonais, consiste em resolver a Equação (1), onde  $A$  é a matriz constituída pelos coeficientes das variáveis,  $A^T$  é a matriz transposta obtida de  $A$ ,  $\vec{u}$  é o vetor coluna constituído pelas variáveis e  $\vec{w}$  é o vetor coluna constituído pelos termos independentes do sistema.

$$A^T A \vec{u} = A^T \vec{w} \quad (1)$$

Por exemplo, se  $f(x) = ax^2 + bx + c$  a Equação (1) fornece os melhores valores para  $a, b$  e  $c$ , que é a melhor solução aproximada para  $A\vec{u} = \vec{w}$  e, conseqüentemente, a melhor função  $y = f(x)$  que irá ajustar os dados experimentais (ANTON, 2006).

No processo de obtenção dos dados experimentais pode acontecer alguma imprecisão numérica e, além disso, durante a realização dos cálculos computacionais erros numéricos de arredondamentos e truncamentos também podem surgir. Para tratar este aspecto da incerteza, comum no processo experimental, pode-se recorrer à Matemática Intervalar que fornece um meio de representar valores numéricos na forma de intervalo  $[x_1, x_2]$



### 3 I TRATAMENTO DE INCERTEZAS NA COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA

A Matemática Intervalar é uma teoria matemática introduzida por Moore na década de 60 (MOORE, 1979) com objetivo fundamental de fazer o tratamento automático e assegurado de erros em computação científica, onde os parâmetros e dados iniciais são constituídos por algum tipo de erro, sendo assim categorizados como incertos (GRIGOLETTI *et al.*, 2006). Dentre os vários conceitos abordados pela Matemática Intervalar, esse artigo utiliza como base as concepções de intervalos de números reais e matrizes intervalares.

Um intervalo de reais ou simplesmente intervalo  $[X]$  é definido como um conjunto não vazio de números reais  $X = [x_1; x_2] = \{x \in R | x_1 \leq x \leq x_2\}$ , em que  $x_1$  é conhecido como o extremo inferior e  $x_2$  é o extremo superior. O conjunto de todos os intervalos reais é denotado por  $IRA$  aritmética mais comumente utilizada para operar com esses elementos foi introduzida por Moore e define para todos os intervalos  $X = [x_1; x_2], Y = [y_1; y_2]$  as seguintes operações:  $X + Y = [x_1 + y_1; x_2 + y_2]$ ;  $X - Y = [x_1 - y_2; x_2 - y_1]$ ;  $X \times Y = [\min(K), \max(K)]$ , onde  $K = \{x_1y_1, x_1y_2, x_2y_1, x_2y_2\}$ ;  $X/Y = [\min(L), \max(L)]$  onde  $L = \{x_1/y_1, x_1/y_2, x_2/y_1, x_2/y_2\}$ ; com não pode pertencer ao intervalo (MOORE, 1979).

Uma matriz intervalar é uma matriz em que cada elemento é um intervalo. Mais especificamente, uma matriz intervalar de  $m$  linhas e  $n$  colunas é definida por  $A^I = (A_{ij})_{m \times n}$  onde  $A_{ij} \in IR$  para todo  $i = 1, \dots, m$  e  $j = 1, \dots, n$  e , sendo o conjunto de todos esses elementos denotado por  $IM_{m \times n}$ . Se  $A = (a_{ij})_{m \times n}$  Se é uma matriz real, então  $A \subset A^I$  quando  $a_{ij} \in A_{ij}$  para todo  $i = 1, \dots, m$  e  $j = 1, \dots, n$  e (HANSEN, 1992).

As operações de soma, subtração e multiplicação de matrizes intervalares são semelhantes às operações de matrizes reais, com a diferença que os cálculos realizados termo a termo utilizam a aritmética intervalar.

#### 3.1 A biblioteca *Python for Extended Scientific Computing* (Python-XSC)

Atualmente, existem várias bibliotecas para Matemática Intervalar implementadas nas mais diversas linguagens. Entretanto, segundo Dias (2002), estas bibliotecas, em geral, não possuem como objetivo serem utilizadas em práticas de ensino, muito menos são de fácil aprendizado para o desenvolvimento de aplicações. Assim como, os módulos mais conhecidos nessa área são pagos, como o Intlab (RUMP, 1999) (biblioteca de Matemática Intervalar para o Matlab), o que dificulta mais ainda o acesso.

Dentro desse contexto, foi desenvolvido o módulo *Python for Extended Scientific Computing* (Python-XSC) (GRIGOLETTI; DIMURO; BARBOZA, 2007). Este é um

conjunto desenvolvido em Python, utilizando o paradigma da Programação Orientada a Objetos (POO), que implementa classes básicas para a manipulação de intervalos, segundo a teoria da Matemática Intervalar (MOORE, 1966, 1979; ACIÓLY, 1991).

Na Figura 1, é apresentada a arquitetura do módulo Python-XSC, o qual é composto pelas seguintes classes: (i) xscGlobals, (ii) eFloat, (iii) interval, (iv) iMatrix, (v) iEquationSolve e (vi) erro.

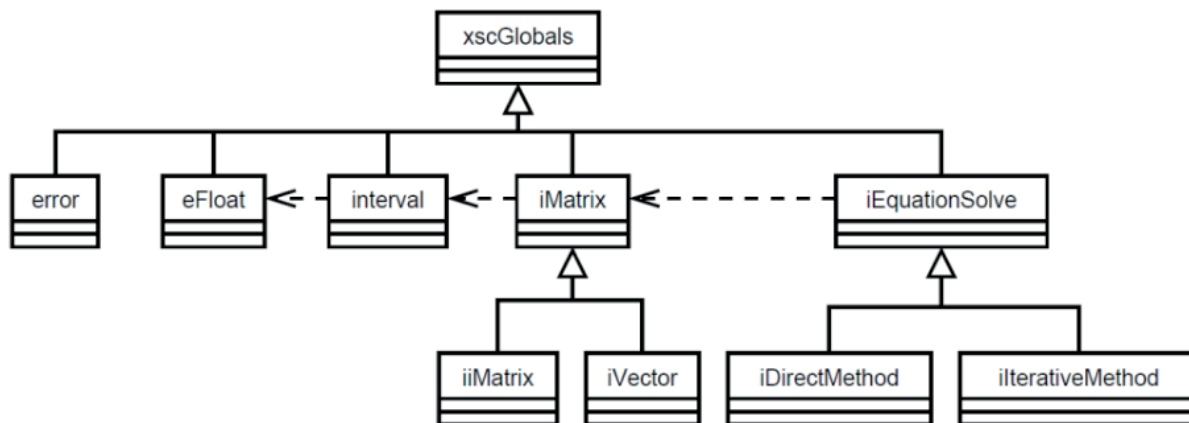


Figura 1- Diagrama de classes da biblioteca Python-XSC

Fonte: (GRIGOLETTI; DIMURO; BARBOZA, 2007)

É importante ressaltar que o módulo Python-XSC é licenciado pela GPL, ou seja, tem o código aberto e é distribuído como software livre. Assim como, o Python-XSC é portátil e multiplataforma, características estas herdadas da linguagem Python.

O Python-XSC, neste artigo, é utilizado para representar os intervalos, as matrizes intervalares e para resolver um sistema linear intervalar proveniente da aplicação do método dos mínimos quadrados com o objetivo de obter o melhor ajuste intervalar para a curva que descreve o movimento retilíneo uniforme.

#### 4 | APLICAÇÃO EM AJUSTE DE DADOS

A ferramenta computacional para resolução de sistemas intervalares, obtida com a interdisciplinaridade, particularmente com a biblioteca Python-XSC, será usada para encontrar a melhor função horária do espaço  $X(T) = X_0 + V_0T + \frac{A}{2}T^2$  de um experimento físico com a presença de incertezas, onde  $X_0$  é a posição inicial do móvel,  $V_0$  a velocidade inicial e  $A$  é a aceleração.

A prática experimental realizada no laboratório de Física foi feita considerando uma incerteza de 0,01 nas medidas obtidas de tempo e distância percorrida pelo carro que deram origem ao conjunto de dados intervalares ([0.080,0.082], [0.359,0.361]), ([0.157,0.159], [0.409,0.411]), ([0.229,0.231], [0.459,0.461]), ([0.302,0.304], [0.509,0.511]), ([0.425,0.427], [0.609,0.611]), ([0.537,0.539], [0.709,0.711]),

$([0.726,0.728], [0.909,0.911]), ([0.870,0.872], [1.109,1.111]), ([1.04,1.042], [1.309,1.311]),$  e  $([1.174,1.176], [1.509,1.511]),$  do tipo  $([t_1, t_2], [x_1, x_2])$

A prática consistiu em analisar o movimento de um carro que se movia livremente com aceleração constante sobre um trilho de ar inclinado, como mostra a Figura 2, cuja posição em função do tempo é descrita pela função  $x(t) = x_0 + v_0t + \frac{a}{2}t^2$  onde  $x_0$  e  $v_0$  são, respectivamente, a posição e a velocidade do carro em  $t = 0$  e  $a$  é a aceleração. (JEWETT JR, 2012).

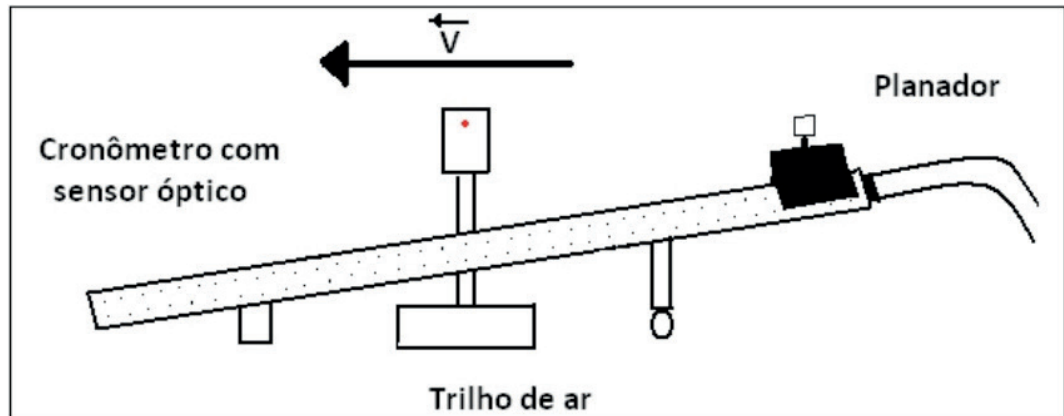


Figura 2- Deslocamento de carro em turbo de ar horizontal.

Fonte: (ALMEIDA, SANTANA, 2018).

A consideração da incerteza nos dados experimentais implica em considerar a equação intervalar

$$X(T) = BT^2 + V_0T + X_0, \quad (2)$$

onde  $B = \frac{a}{2}$ . Assim, a resolução do problema fornecerá os melhores intervalos para  $X_0$ ,  $V_0$  e  $B$

Para isso, os pares de dados intervalares  $([t_1, t_2], [x_1, x_2])$  foram substituídos na Equação (2) dando origem ao sistema intervalar  $A^I U^I = W^I$  da Equação (3), onde  $A^I$  é a matriz intervalar constituída pelos coeficientes das variáveis  $X_0$ ,  $V_0$  e  $B$ ,  $U^I$  é o vetor coluna constituído pelas variáveis intervalares e  $W^I$  é o vetor coluna constituído pelos termos independentes do sistema.

$$\begin{bmatrix} [0.0064,0.006724] & [0.080,0.082] & [1.00,1.00] \\ [0.02465,0.02528] & [0.157,0.159] & [1.00,1.00] \\ [0.05244,0.05336] & [0.229,0.231] & [1.00,1.00] \\ [0.09120,0.09242] & [0.302,0.304] & [1.00,1.00] \\ [0.18062,0.18233] & [0.425,0.427] & [1.00,1.00] \\ [0.28837,0.29052] & [0.537,0.539] & [1.00,1.00] \\ [0.52708,0.52998] & [0.726,0.728] & [1.00,1.00] \\ [0.75690,0.76038] & [0.870,0.872] & [1.00,1.00] \\ [1.08160,1.08576] & [1.040,1.042] & [1.00,1.00] \\ [1.37828,1.38298] & [1.174,1.176] & [1.00,1.00] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B \\ V_0 \\ X_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [0.359,0.361] \\ [0.409,0.411] \\ [0.459,0.461] \\ [0.509,0.511] \\ [0.609,0.611] \\ [0.709,0.711] \\ [0.909,0.911] \\ [1.109,1.111] \\ [1.309,1.311] \\ [1.509,1.511] \end{bmatrix}$$

Estendendo a Equação (1) para o caso intervalar e considerando  $(A^I)^T$  sendo a transposta da matriz intervalar  $A^I$  obtém-se a Equação (4) que, de acordo com a Álgebra Linear, mais especificamente com o método de Mínimos Quadrados, fornecerá os melhores valores para  $B$ ,  $V_0$  e  $X_0$  com os quais a função horária intervalar do movimento será definida.

$$(A^I)^T A^I U^I = (A^I)^T W^I \quad (4)$$

Aplicando na Equação (4) os métodos computacionais fornecidos pelo Python-XSC para o sistema  $M^I X^I = N^I$  onde  $M^I = (A^I)^T A^I$  e  $N^I = (A^I)^T B^I$  a solução encontrada foi  $U^I = \begin{bmatrix} B \\ V_0 \\ X_0 \end{bmatrix}$  onde:

$$B = [-0.965469; 1.572287] \quad (5)$$

$$V_0 = [-1.273477; 1.572287] \quad (6)$$

$$X_0 = [-0.06763; 0.699266] \quad (7)$$

Das Equações (5), (6) e (7), a melhor função que se ajusta aos dados do problema é:

$$X(T) = [-0.06763; 0.699266] + [-1.273477; 1.572287] T + [-0.965469; 1.572287] T^2 \quad (8)$$

A solução dada na Equação (8) foi obtida, como mencionado anteriormente, pela biblioteca Python-XSC. A Figura 3, ilustra todo o processo para a obtenção dos coeficientes intervalares para a curva que descreve o movimento utilizando o processo de mínimos quadrados e as operações intervalares.

```

1  from pyxsc import *
2  # Matriz A
3  A = imatrix([[0.0064,0.006724],[0.080,0.082],[1,1]],
4             [[0.02465,0.02528],[0.157,0.159],[1,1]],
5             [[0.05244,0.05336],[0.229,0.231],[1,1]],
6             [[0.09120,0.09242],[0.302,0.304],[1,1]],
7             [[0.18062,0.18233],[0.425,0.427],[1,1]],
8             [[0.28837,0.29052],[0.537,0.539],[1,1]],
9             [[0.52708,0.52998],[0.726,0.728],[1,1]],
10            [[0.75690,0.76038],[0.870,0.872],[1,1]],
11            [[1.08160,1.08576],[1.040,1.042],[1,1]],
12            [[1.37828,1.38298],[1.174,1.176],[1,1]])

```

```

13 # Matriz b
14 b = ivector([[0.359,0.361],
15             [0.409,0.411],
16             [0.459,0.461],
17             [0.509,0.511],
18             [0.609,0.611],
19             [0.709,0.711],
20             [0.909,0.911],
21             [1.109,1.111],
22             [1.309,1.311],
23             [1.509,1.511]])
24 #Tranposta de A
25 At = A.getTranspose()
26 # Aplicando o processo de mínimos quadrados
27 M = At*A
28 N = At*b
29 # Solucionando o sistema Mx=N
30 x = iIterativeMethod(M,N)
31 x.getXVector()

```

Figura 3 – Processo de obtenção dos coeficientes intervalares

utilizando MMQ e Matemática Intervalar.

Fonte: Acervo dos autores

Primeiramente, para se utilizar a biblioteca Python-XSC é preciso importá-la (linha 1), feito esse passo, se torna possível utilizar todas as funções que são fornecidas pelo módulo. Em seguida, na linha 3, cria-se um objeto do tipo *imatriz*, que consiste em uma matriz intervalar, nesse caso é a matriz A que representa a matriz dos coeficientes intervalares na Equação (3). Logo após, na linha 14, gera-se um objeto do tipo *ivector*, que define um vetor intervalar, nesse exemplo é o vetor b que simboliza o vetor intervalar de termos independentes na Equação (3).

O próximo passo constitui o início da aplicação do método dos Mínimos Quadrados. Para isso, na linha 25, por meio do método *getTranspose()*, obtém-se a matriz transposta de A à qual é atribuída a variável *At* Em seguida, multiplica-se, usando a aritmética intervalar, a matriz *At* pela matriz A gerando a matriz intervalar *M* como também se multiplica *At* com o vetor b para gerar a matriz *N*

Por fim, na linha 30, obtém a solução do sistema  $M^I X^I = N^I$  através da função *iliterativeMethod()*. Essa função possui como argumentos, respectivamente, uma matriz intervalar e um vetor intervalar, para assim resolver de forma iterativa e utilizando a Matemática Intervalar o sistema linear intervalar.

Este experimento físico apresentado aqui também foi analisado em (ALMEIDA, SANTANA, 2018), onde os dados obtidos para o tempo e espaço foram avaliados

com uma incerteza de 0,01. Neste trabalho os autores aplicaram duas estratégias distintas para encontrar a função de ajuste. Na primeira, o sistema foi solucionado utilizando os pontos médios dos intervalos por meio do software Pasco Capstone, que é um software muito utilizado em práticas experimentais. Na segunda, o sistema intervalar foi desmembrado em dois sistemas reais, cada um contendo uma das extremidades dos intervalos. Cada sistema foi solucionado pelo método dos Mínimos Quadrados e as soluções foram utilizadas para definir uma solução intervalar. Os autores concluíram que a solução obtida desmembrando o sistema em dois está contida na solução clássica obtida com o Pasco Capstone e possui exatidão no coeficiente angular da função quadrática.

Com os dados atuais do experimento, foi observado aqui que a incerteza de 0.01 impossibilita o módulo Python-XSC de fornecer solução para o sistema, pois durante o processamento é gerada uma matriz auxiliar, que é uma característica do método de solução utilizado pela biblioteca, que teve intervalos com extremos maiores ou iguais a 1. Como se trata de uma função do segundo grau, os coeficientes do termo  $T^2$  podem ter contribuído para esse erro de validação. O problema foi resolvido ao considerar a incerteza um pouco menor, o que refletiu diretamente na amplitude dos intervalos do experimento.

Outro aspecto fundamental a ser destacado é que resolvendo o sistema real, obtido com os pontos médios dos intervalos, por meio do software Pasco Capstone, como foi feito em (ALMEIDA, SANTANA, 2018), observou-se que a solução também está contida na solução intervalar fornecida pela biblioteca Python-XSC.

Uma característica importante a ser ressaltada é que a solução  $x(t) = 0,315822 + 0,514575t + 0,428744t^2$  do sistema da Equação 9,

$$\begin{bmatrix} 0.006561 & 0.081 & 1 \\ 0.024964 & 0.158 & 1 \\ 0.0529 & 0.230 & 1 \\ 0.091809 & 0.303 & 1 \\ 0.181476 & 0.426 & 1 \\ 0.289444 & 0.538 & 1 \\ 0.528529 & 0.727 & 1 \\ 0.758641 & 0.871 & 1 \\ 1.083681 & 1.041 & 1 \\ 1.380625 & 1.175 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B \\ V_0 \\ X_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.36 \\ 0.41 \\ 0.46 \\ 0.51 \\ 0.61 \\ 0.71 \\ 0.91 \\ 1.11 \\ 1.31 \\ 1.51 \end{bmatrix} \quad (9)$$

obtido com os pontos médios dos intervalos, está contida na solução intervalar fornecida pela biblioteca Python-XSC. Esta solução real foi obtida por meio do software Pasco Capstone, como foi feito em (ALMEIDA, SANTANA, 2018) para avaliar a solução intervalar obtida.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse artigo foi mostrar como diferentes teorias podem ser usadas para solucionar um problema de Engenharia. Para isso, foram utilizados importantes conceitos da Álgebra Linear, como o método dos Mínimos Quadrados, da Matemática Intervalar e da Computação para resolver um sistema intervalar que fornece a melhor função aproximada a qual ajusta um conjunto de dados oriundos de um experimento físico, no qual um carro se deslocava com aceleração constante sob um trilho de ar inclinado.

Para que fosse possível aplicar os conceitos e as operações da Matemática Intervalar utilizou-se a biblioteca *Python for Extended Scientific Computing* (Python-XSC). Esse módulo, além de ser um *software* livre, possui muitas funções que permitem o uso, de forma simples, de várias características importantes da Matemática Intervalar.

Com este trabalho o estudante de Engenharia pôde aplicar simultaneamente teorias de áreas distintas e, com isso, perceber que um problema pode ser resolvido de diferentes formas. Além disso, foi possível aplicar importantes conhecimentos de programação e Álgebra Linear para a construção de algoritmos que tornam as soluções de problemas mais dinâmicas e precisas. Outro fator importante que pode ser destacado com o desenvolvimento do trabalho foi a utilização do laboratório e realização do experimento, com o qual foi possível ver na prática importantes teorias físicas e ao mesmo tempo perceber a necessidade de analisar com atenção as diversas imprecisões numéricas presentes nas etapas experimentais, desde a obtenção dos dados até os cálculos computacionais.

A abordagem desenvolvida apresentou resultados satisfatórios, pois foi possível controlar o efeito da incerteza e gerar intervalos com amplitudes pequenas. Dessa forma, em trabalhos futuros o método será aperfeiçoado por meio do desenvolvimento de uma interface gráfica para o Python-XSC, divulgado para uso na comunidade acadêmica e aplicado em outros experimentos que utilizem essa abordagem interdisciplinar contando com o suporte da Matemática Intervalar.

## REFERÊNCIAS

ACIÓLY, B. M. **Fundamentação Computacional da Matemática Intervalar**. 1991. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

ALMEIDA, T. A. S, SANTANA, F. T.; Matemática intervalar com método dos mínimos quadrados no tratamento de incerteza de dados experimentais com uso de software educacional. V Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, 2018, Maceió. **Anais**. Aracaju, 2018.

ANTON, Howard.; RORRES, Cris. Álgebra linear com aplicações. 8ª edição, Porto Alegre: Bookman, 2001.

ARAÚJO W. J. et al. **Aprendizagem por problemas no ensino de engenharia**. Re- Capítulo II Desafios da Educação em Engenharia 58 vista Docência Ensino Superior, v. 6, n. 1, p. 57-90, abr. 2016.

DIAS, A. M. **Ambiente de Técnicas Intervalares (ATI) Versão 2.0**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Católica de Pelotas, Pelotas, RS. Monografia para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

GRIGOLETTI, Pablo Souza et al. Análise intervalar de circuitos elétricos. **Trends in Applied and Computational Mathematics**, v. 7, n. 2, p. 287-296, 2006.

GRIGOLETTI, Pablo Souza; DIMURO, Graçaliz Pereira; BARBOZA, Luciano Vitória. Módulo python para matemática intervalar. **Trends in Applied and Computational Mathematics**, v. 8, n. 1, p. 73-82, 2007.

HANSEN, E.R. Bounding the solution of interval linear equations. **SIAM Journal on Numeric Analysis**, v. 29, n. 5, p. 1493-1503, 1992.

JEWETT JR., John W.; SERWAY, Raymond A. **Física para cientistas e engenheiros - mecânica**. 8ª edição, São Paulo: Cengage Learning, v.1, 2012.

KEAFORT, R.B.; KREINOVICH, V. (Ed). **Applications of Interval Computations**. Springer Science & Business Media, 2013.

KOLMAN, Bernard; HILL, David. **Introdução à Álgebra Linear com Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

LAY, David. **Álgebra Linear e suas Aplicações**. 2ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 1999.

LEON, Steven. **Algebra Linear com Aplicações**. 4ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 1998.

MOORE, R. E. **Interval Analysis**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1966.

MOORE, R. E. **Methods and Applications of Interval Analysis**. Philadelphia, PA, USA: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1979. xi + 190p.

NAGASHIMA, H. N. **Laboratório de Física I**. Disponível em: < <http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fisicaequimica/relacaodocentes973>>. Acesso em: 13 de mar. de 2019.

PEREIRA, M. A. A; FREIRE, J. E.; SEIXAS, J. A. A aprendizagem cooperativa no ensino de engenharia. **Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**, Vol. 31. 2003.

RUMP, S. M. Interval Computations with INTLAB. **Brazilian Electronic Journal on Mathematics of Computation (BEJMC)**, [S.I.], 1999.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aedes aegypti 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 296

Ambiental 10, 14, 110, 177, 188, 228, 239, 241, 244, 257, 258, 259, 260, 261, 268, 296

Ambientes inteligentes 215, 220, 296

Aprendizado 11, 12, 13, 30, 49, 59, 62, 84, 89, 113, 117, 152, 153, 154, 157, 162, 180, 189, 191, 193, 203, 216, 222, 224, 227, 230, 232, 233, 245, 249, 281, 290, 296

Aprendizagem 9, 10, 12, 13, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 69, 83, 84, 85, 87, 93, 94, 97, 98, 104, 105, 106, 109, 110, 113, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 129, 131, 137, 138, 154, 165, 167, 174, 180, 181, 186, 189, 191, 192, 193, 194, 206, 211, 229, 230, 235, 236, 237, 238, 239, 241, 242, 243, 244, 245, 253, 254, 279, 290, 294, 296

Aproximação de funções 58, 61, 296

### B

Bioestatística 95, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 296

### C

Canvas 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 296

Ciclo básico das engenharias 164, 165, 174, 296

Competências 13, 21, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 71, 76, 77, 83, 84, 85, 86, 90, 92, 93, 94, 106, 109, 110, 116, 129, 130, 131, 132, 134, 135, 137, 155, 174, 176, 188, 191, 192, 193, 194, 204, 213, 232, 235, 239, 296

Competências transversais 83, 84, 85, 90, 93, 296

Complexidade 11, 12, 46, 50, 52, 53, 109, 176, 185, 187, 188, 189, 296

Construção civil 10, 13, 16, 17, 141, 195, 197, 203, 266, 296

Controle digital 278, 279, 280, 282, 288, 289, 290, 291, 296

Conversor 278, 279, 280, 282, 283, 284, 287, 289, 290, 296

Cooperação 227, 296

### D

Dashboard 215, 216, 218, 222, 296

Design thinking 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 116, 117, 118, 296

Disciplina integradora 83, 84, 93, 296

### E

Educação matemática 9, 104, 140, 141, 150, 152, 155, 163, 296

Energia solar fotovoltaica 24, 26, 28, 266, 296

Engenharia 4, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 31, 33, 42, 44, 46, 47, 50, 56, 57, 58, 59, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 93, 94, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 116, 117, 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 183, 187, 189, 190, 191, 192, 194, 195, 204, 205, 206, 208, 213, 214, 217, 218, 224, 225, 226, 244, 245, 247, 266, 277, 290, 291, 296

Engenharia de software 42, 138  
Engenharia elétrica 19, 21, 22, 23, 27, 31, 75, 266  
Engenharias 10, 51, 58, 130, 132, 164, 165, 174, 178, 214, 296  
Engenheir(o)s líderes 70, 75, 78  
Ensino 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 30, 31, 32, 34, 38, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 56, 59, 62, 69, 73, 74, 75, 79, 81, 84, 93, 94, 95, 97, 98, 101, 103, 104, 105, 106, 111, 113, 117, 119, 120, 121, 122, 125, 126, 127, 129, 132, 138, 139, 141, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 157, 158, 162, 163, 174, 176, 178, 179, 180, 181, 189, 190, 192, 193, 204, 205, 206, 212, 213, 214, 225, 229, 230, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 249, 253, 254, 257, 260, 261, 279, 292, 293, 294, 295  
Ensino de ciências 94, 119, 139, 151, 236, 237, 239, 242, 243, 254  
Ensino de engenharia 47, 56, 59, 69, 73, 106, 174, 176, 178, 190, 204  
Ensino em engenharia 129  
Ensino técnico 22, 205, 213  
Era digital 46, 47, 48, 49, 50, 51, 56  
Escola pública 8, 119, 227, 294  
Espaço não formal 236, 237, 239  
Estação rádio base 266, 267, 269, 275  
Estratégias de formação 177  
Estruturas cristalinas 243, 245, 249  
Etnografia 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 189, 190  
Extensão universitária 1, 2, 31

## G

Genética 119, 120, 121, 122, 123, 124, 127, 128  
Grupo pet

## H

História da balança 152, 153, 158, 163

## I

Impressão 3d 243  
Inclusão feminina 70, 78, 80  
Interdisciplinaridade 58, 59, 60, 63, 109, 113, 164, 165, 193, 205, 206, 214, 215, 224, 226  
Internet das coisas 47, 215, 225

## L

Liderança 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 85, 87, 91, 92, 93, 129, 137, 176, 193, 194  
Liderança feminina 70

## M

Matemática 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 22, 27, 58, 60, 61, 62, 63, 66, 68, 69, 95, 96, 104, 127, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 162,

163, 172, 180, 186, 296  
Matemática intervalar 58, 60, 61, 62, 63, 66, 68, 69  
Matemáticas 26, 139, 140, 141, 150, 151, 153, 167  
Materiais lúdicos 227  
Material cerâmico 191, 195, 197, 200, 201, 202, 203  
Metodologia de avaliação 83, 87  
Metodologia de projeto 106, 109, 113, 117  
Metodologias ativas 10, 49, 50, 52, 53, 56, 84, 93, 119, 129, 137, 165, 174  
Mínimos 58, 60, 61, 63, 65, 66, 67, 68, 234  
Mobilização 140, 151, 227  
Modo step-down 278  
Multidisciplinaridade 53, 205, 206, 213

## O

Off-grid 266, 267  
Óleo 166, 167, 169, 170, 173, 175, 257, 258, 259, 260, 265

## P

Parceria institucional 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8  
Pbl 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 38, 45, 94, 120, 121, 122, 126, 138  
Percepção 56, 82, 85, 95, 97, 99, 103, 104, 113, 126, 137, 211, 215, 216, 220, 221, 224, 225, 251  
Perfil sociodemográfico 95, 99, 100, 101, 104  
Pesquisa universitária  
Petróleo 70, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 175, 206  
Pontes de macarrão 129, 131, 132, 133, 134, 135, 137  
Processo de ensino-aprendizagem 97  
Produtor de farinha 139, 140, 141, 142, 143, 150  
Projetos integradores 53, 191, 193, 194, 195, 204  
Protótipo 30, 56, 111, 112, 205, 207, 208, 212, 213, 214, 215, 217, 218, 220, 221, 223, 224, 225, 248, 280, 291  
Python 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 219, 222, 223  
Pyxsc 58, 59

## Q

Quadrados 6, 58, 60, 61, 63, 65, 66, 67, 68, 145  
Química 18, 75, 109, 116, 154, 161, 186, 191, 199, 200, 206, 241, 254, 257, 259, 260, 261

## R

Resíduo de barragem 191  
Reutilização de resíduos 10, 18  
Revisão bibliográfica 71, 152, 161

## S

Sabão ecológico 257, 258, 259, 260, 261, 263, 264

Significativa crítica 119, 121, 126, 127

Sistema marítimo de produção de petróleo 164, 165, 167, 174

Sociotécnica 177, 178, 180, 182, 184, 185, 189, 190

## T

Teste hidrostático 205, 207, 213, 214

Trabalhos acadêmicos 33, 35, 38, 39, 40, 42, 130

## U

Usos/significados 139, 140, 142, 150, 151

## V

Verticalização 205

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**