



**Cleberton Correia Santos  
(Organizador)**

**Estudos Interdisciplinares  
nas Ciências e da Terra  
e Engenharias 5**

---

Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências  
Exatas e da Terra e Engenharias 5

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 5 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 5)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-623-2 DOI 10.22533/at.ed.232191109</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 5º volume 37 capítulos com temáticas voltadas 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>
DETERMINAÇÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUIDOS DO REATOR TUBULAR PRESENTE NO MÓDULO DIDÁTICO DE CINÉTICA E CÁLCULO DE REATORES	
Shara Katerine Moreira Jorge Leal Rosilanny Soares Carvalho Daiane Antunes Pinheiro Vitor Soares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2321911091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
ESTATÍSTICA COMO ELEMENTO NORTEADOR DO TRABALHO COM CONCEITOS MATEMÁTICOS NOS ANOS INICIAIS	
Daiani Finatto Bianchini Cátia Maria Nehring	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2321911092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
AÇÃO CATALÍTICA DO CATALISADOR DE 2ª GERAÇÃO DE GRUBBS NA AUTO-METÁTESE DA PIPERINA	
Aline Aparecida Carvalho França Vanessa Borges Vieira Thais Teixeira da Silva Sâmia Dantas Braga Ludyane Nascimento Costa John Cleiton dos Santos Denise Araújo Sousa Alexandre Diógenes Pereira Benedito dos Santos Lima Neto Francielle Aline Martins José Luiz Silva Sá José Milton Elias de Matos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2321911093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
ACUMULADOR DE ENERGIA SOLAR PARA SECAGEM DAS AMENDOAS DE CACAU	
Luiz Vinicius de Menezes Soglia Jorge Henrique de Oliveiras Sales Pedro Henrique Sales Giroto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2321911094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>47</b>
ÁLGEBRA LINEAR NA ESCOLA E NA HISTÓRIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS PRINCIPAIS TÓPICOS ENSINADOS	
Leandro Teles Antunes dos Santos Erasmus Tales Fonseca Patrícia Milagre de Freitas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2321911095</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>58</b>
UMA POSSIBILIDADE DE CONCEBER A MATEMÁTICA E REALIDADE - MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO	
Morgana Scheller Lariça de Frena Alan Felipe Bepler Tayana Cruz de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2321911096</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>71</b>
LETRAMENTO MATEMÁTICO: A ALFABETIZAÇÃO MATEMÁTICA A PARTIR DE MATERIAIS MANIPULÁVEIS	
Pamela Suelen Pantoja Egues Cristiane Ruiz Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2321911097</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>79</b>
MÉTODO DE MÚLTIPLAS ESCALAS APLICADO AO OSCILADOR DE VAN DER POL	
Higor Luis Silva Denner Miranda Borges	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2321911098</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>86</b>
ANALISE DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS COM O USO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	
Ianyqui Falcão Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2321911099</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>103</b>
DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO MÓVEL EDUCATIVA PARA ACOMPANHANTES DE PARTURIENTES	
Adriana Parahyba Barroso Jocileide Sales Campos Edgar Marçal	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110910</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>113</b>
ASPECTOS DO CICLO DE VIDA DE DADOS EM PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS BIOMÉDICAS	
Jeanne Louize Emygdio Eduardo Ribeiro Felipe Maurício Barcellos Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110911</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>126</b>
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE VINHOS UTILIZANDO TÉCNICAS ELETROANALÍTICAS E ESPECTROFOTOMÉTRICAS	
Isaide de Araujo Rodrigues Deracilde Santana da Silva Viégas Ziel dos Santos Cardoso Ana Maria de Oliveira Brett	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110912</b>	

**CAPÍTULO 13 ..... 138**

AVALIAÇÃO DE ADITIVOS ANTIOXIDANTES COMO INIBIDORES DA CORROSÃO PROVOCADA PELO BIODIESEL DE DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS

José Geraldo Rocha Junior  
Marcelle Dias dos Reis  
Luana de Oliveira Santos  
Andressa da Silva Antunes  
Cristina Maria Barra  
Sheisi Fonseca Leite da Silva Rocha  
Otavio Raymundo Lã  
Rosane Nora Castro  
Matthieu Tubino  
Acácia Adriana Salomão  
Willian Leonardo Gomes da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.23219110913**

**CAPÍTULO 14 ..... 149**

AVALIAÇÃO DO TEOR DE FIBRAS EM IOGURTE SABOR CHOCOLATE ELABORADO COM ADIÇÃO DE BIOMASSA DE BANANA VERDE

Ana Cléia Moreira de Assis Frota  
Márcia Facundo Aragão

**DOI 10.22533/at.ed.23219110914**

**CAPÍTULO 15 ..... 155**

DIAGNÓSTICO DAS PERDAS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Daniel Ramos de Souza  
Maycon Mickael Ribeiro Vasconcelos  
Evandro Schmitt  
Írismar da Silva Genuíno

**DOI 10.22533/at.ed.23219110915**

**CAPÍTULO 16 ..... 164**

ESTUDO DE AQUECIMENTOS NOTURNOS SIMULTANEAMENTE À DIMINUIÇÃO DA UMIDADE SOBRE A CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Hana Carolina Vieira da Silveira  
Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira

**DOI 10.22533/at.ed.23219110916**

**CAPÍTULO 17 ..... 175**

EXTRAÇÃO, PURIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO LÍQUIDO CELOMÁTICO DE MINHOCA DA ESPÉCIE *Eisenia andrei*

Taisa Werle  
Jordana Finatto  
Ketlin Fernanda Rodrigues  
Gabriela Vettorello  
Ani Carolina Weber  
Sabrina Grando Cordeiro  
Verônica Vanessa Brandt  
Ytan Andreine Schweizer  
Valeriano Antônio Coberllini  
Elisete Maria de Freitas  
Eduardo Miranda Ethur  
Lucélia Hoehne

**DOI 10.22533/at.ed.23219110917**

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>188</b>
A ABORDAGEM HISTÓRICA DE MATRIZ, DETERMINANTE E SISTEMAS LINEARES NOS LIVROS DIDÁTICOS	
Daniel Martins Nunes Fábio Mendes Ramos Fabricia Gracielle Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>195</b>
A QUÍMICA DA MARCHETARIA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA	
Caroline Ketlyn M. Da Silva Francisca Georgiana M. do Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110919</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>209</b>
A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO SUPERIOR	
Robert Mady Nunes Wilmar Borges Leal Júnior Marcos Dias da Conceição Valber Sardi Lopes Greice Quele Mesquita Almeida Andrea Barboza Proto Helaís Santana Lourenço Mady Suzane Aparecida Cordeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110920</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>221</b>
SOLUÇÃO PARA EQUAÇÃO INTEGRAL DE SCHRÖDINGER DE UMA ONDA ESPALHADA VIA MÉTODO DE FREDHOLM	
Pedro Henrique Sales Giroto Jorge Henrique de Oliveiras Sales	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110921</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>233</b>
ESTUDO MORFOLÓGICO E CRISTALOGRÁFICO DE DIFERENTES TIPOS DE CIMENTO PORTLAND	
Bento Francisco dos Santos Júnior Fabiane Santos Serpa Eduardo Ubirajara Rodrigues Batista Thuany Reis Sales Adriele Santos Souza Antonio Vieira Matos Neto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110922</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>248</b>
FATORES SOCIOECONÔMICOS DO PERFIL DO EMPREENDEDOR BRASILEIRO	
Felipe Kupka Feliciano Antonio Marcos Feliciano César Panisson Édis Mafra Lapolli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110923</b>	

<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>262</b>
IDENTIFICAÇÃO DE DANOS ESTRUTURAIS USANDO REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS BASEADA EM UM MODELO DE DANO CONTÍNUO	
Rosilene Abreu Portella Corrêa	
Cleber de Almeida Corrêa Junior	
Jorge Luiz Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110924</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>274</b>
APLICAÇÃO DA TEORIA DE REDES PARA ANÁLISE LOGÍSTICA DOS <i>HUBPORTS</i> DA CABOTAGEM BRASILEIRA	
Carlos César Ribeiro Santos	
Hernane Borges de Barros Pereira	
Anderson da Silva Palmeira	
Marcelo do Vale Cunha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>287</b>
IMPREGNAÇÃO INCIPIENTE DE HSiW EM ZEÓLITA Y PARA PRODUÇÃO DE ACETATO DE BUTILA	
Mateus Freitas Paiva	
Juliane Oliveira Campos de França	
Elon Ferreira de Freitas	
José Alves Dias	
Sílvia Cláudia Loureiro Dias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110926</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>298</b>
MULTISCALE SPATIAL INFLUENCE ON METABOLITES IN JABUTICABA	
Gustavo Amorim Santos	
Luciane Dias Pereira	
Suzana da Costa Santos	
Pedro Henrique Ferri	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110927</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>310</b>
O ENSINO DE MATEMÁTICA POR MEIO DA LINGUAGEM TEATRAL	
Fabiana Geresa Leindeker da Silva	
Tamires Bon Vieira	
Monalisa da Silva	
Leonardo Geziel de Matos Dada	
Carla Daniela Guasseli da Silva Engel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110928</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>319</b>
O ESTUDO DE PIRÂMIDES COM A UTILIZAÇÃO DO “VOLPIR”	
Renato Darcio Noleto Silva	
Cinthia Cunha Maradei Pereira	
Fábio José da Costa Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110929</b>	

**CAPÍTULO 30 ..... 333**

O USO DO CELULAR NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS DE VYGOTSKY

Jerry Wendell Rocha Salazar  
Delcineide Maria Ferreira Segadilha

**DOI 10.22533/at.ed.23219110930**

**CAPÍTULO 31 ..... 345**

BREVE ANÁLISE DA FERRAMENTA CONSTRUCT 2® COMO OBJETO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

Monys Martins Nicolau  
Eryslânia Abrantes Lima  
Solon Diego Garcia Moreira  
Amanda Oliveira de Miranda  
Saymon Bezerra de Sousa Maciel  
Elder Gonçalves Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.23219110931**

**CAPÍTULO 32 ..... 355**

PERCEPÇÃO DOCENTE SOBRE AS DIFICULDADES DOS ACADÊMICOS NA ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA

Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi  
Hudinilson Kendy de Lima Yamaguchi  
Vera Lúcia Imbiriba Bentes

**DOI 10.22533/at.ed.23219110932**

**CAPÍTULO 33 ..... 366**

PROPOSTA DE UM INSTRUMENTO PARA LEVANTAMENTO DE REQUISITOS FUNCIONAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO NA INDÚSTRIA DE SOFTWARE

Gisele Caroline Urbano Lourenço  
Mariana Oliveira  
Danieli Pinto  
Nelson Tenório  
Pedro Henrique Lobato  
Amanda Vidotti

**DOI 10.22533/at.ed.23219110933**

**CAPÍTULO 34 ..... 376**

O *SOFTWARE* GEOGEBRA: MEDIADOR DA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE GEOMETRIA DE UMA ALUNA NÃO ALFABETIZADA

Taiane de Oliveira Rocha Araújo  
Maria Deusa Ferreira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.23219110934**

**CAPÍTULO 35 ..... 385**

RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS BENZÍLICAS SUBSTITUÍDAS UTILIZANDO CATALISADOR DE Pd SUPOSTADO EM MgCO<sub>3</sub>

Fernanda Amaral de Siqueira  
Camila Rodrigues Cabreira  
Pedro Henrique Kamogawa Chaves

**DOI 10.22533/at.ed.23219110935**

<b>CAPÍTULO 36</b> .....	<b>396</b>
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA UTILIZANDO JOGOS DIGITAIS: UMA VISÃO TEÓRICA	
Francisco Glauber de Brito Silva Leonardo Alcântara Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110936</b>	
<b>CAPÍTULO 37</b> .....	<b>407</b>
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À PUNCTURA DO COBRE POR ENSAIO PADRONIZADO DE ULTRAMICRODUREZA	
Eduardo Braga Costa Santos Denise Dantas Muniz Eliandro Pereira Teles Danielle Guedes de Lima Cavalcante Ricardo Alves da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.23219110937</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>419</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>420</b>

## IDENTIFICAÇÃO DE DANOS ESTRUTURAIS USANDO REDES NEURAS ARTIFICIAIS BASEADA EM UM MODELO DE DANO CONTÍNUO

### **Rosilene Abreu Portella Corrêa**

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Ciências Exatas, Biológicas e da Terra, Santo Antônio de Pádua, RJ.

### **Cleber de Almeida Corrêa Junior**

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Ciências Exatas, Biológicas e da Terra, Santo Antônio de Pádua, RJ.

### **Jorge Luiz Pereira**

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Ciências Exatas, Biológicas e da Terra, Santo Antônio de Pádua, RJ.

**RESUMO:** Danos estruturais, além de comprometer o desempenho da estrutura, ainda podem colocar vidas humanas em risco e causar grandes prejuízos financeiros. O monitoramento contínuo da mesma visa que danos em estágio inicial sejam identificados, aumentando a confiabilidade e a segurança daqueles que a utilizam. Neste trabalho, utiliza-se um modelo de identificação de danos baseado na matriz de flexibilidade estrutural onde o campo de danos para a viga de Euler-Bernoulli simplesmente apoiada é descrito via Método dos Elementos Finitos (Stutz, 2005). Apresenta-se uma revisão do desempenho dos modelos de localização de danos analisados por Corrêa (2013) e apresentam-se resultados da utilização de redes neurais artificiais (RNA)

para lidar com o problema de identificar danos quando dados incompletos são utilizados e quando há presença de sinais corrompidos por ruído.

**PALAVRAS-CHAVE:** Identificação de Danos, Matriz de Flexibilidade, Dados Ruidosos, Rede Neural Artificial.

### STRUCTURAL DAMAGE IDENTIFICATION VIA ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BASED ON CONTINUOUS DAMAGE MODEL

**ABSTRACT:** Structural damage, as well as compromising the performance of the structure, can still put lives at risk and cause major financial losses. The continuous monitoring of the same aims that damage in the initial stage are identified, increasing the reliability and security of those who use it. In this study, it uses a model of identification of damage based on the matrix of structural flexibility where the field of damage to Euler-Bernoulli beam simply supported is described via the Finite Element Method (Stutz, 2005). It presents a review of the performance of the models of location of damage analyzed by Corrêa (2013) and presents results of the use of artificial neural networks (ANN) to deal with the problem of identifying damage when incomplete data are used and when there is presence of signals corrupted by noise.

**KEYWORDS:** Damage Identification, Flexibility Matrix, Noise Data, Artificial Neural Network

## 1 | INTRODUÇÃO

Estruturas de pequeno ou grande porte – tais como residências, edifícios, pontes, barragens – desfrutam hoje em dia de avanços tecnológicos ligados a processos construtivos e uso de materiais mais elaborados que aumentam a segurança e a resistência da estrutura. Porém, apesar da sofisticação, as estruturas podem apresentar falhas mesmo em condições normais de uso. Danos estruturais podem prejudicar a performance e a integridade de uma estrutura, podendo colocar em risco vidas humanas. Inserida nesse contexto, a identificação de danos em estruturas é um tópico relevante tanto para o meio acadêmico quanto para a indústria (Cunha, 2014). Por isso, as pesquisas sobre identificação de danos, em uma determinada estrutura, bem no seu início e, o seu contínuo monitoramento, têm chamado a atenção de estudiosos de diversas áreas como: Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Engenharia Naval, Engenharia Aeronáutica, e assim por diante. A identificação do dano na fase inicial permite a redução de custos de manutenção e reparação, possibilitando um aumento da vida útil da estrutura analisada, além de fornecer segurança e conforto ao ser humano (Carrillo, 2017).

A minimização do funcional criado com base na diferença entre a matriz flexibilidade numérica e a do experimento sintético do problema de identificação de danos em vigas via métodos de otimização estocásticos apresentou resultados satisfatórios, conforme pode ser visto no trabalho de Corrêa (2013) no qual o dano é continuamente descrito por um parâmetro de coesão via Método dos Elementos Finitos (MEF). Corrêa (2013) apresentou os resultados da identificação de danos em uma viga biapoiada, em uma viga engastada em uma de suas extremidades e em uma placa. No entanto, estruturas mais complexas, onde um grande número de variáveis precisam ser atualizados, podem gerar um grande custo computacional ao se utilizar tais métodos, o que dificulta a sua utilização para um monitoramento contínuo estrutural. Corrêa (2013) fez um estudo sobre diversos métodos de localização de danos, visando utilizá-los a fim de diminuir o número de parâmetros a serem atualizados pelos métodos de otimização. O objetivo era fazer o processo de identificação de danos em duas etapas, onde na primeira etapa se utilizaria um método de localização para determinar a região afetada pelo dano estrutural e, em uma segunda etapa, um método de otimização atualizaria os parâmetros apenas dessa região, diminuindo assim a dimensão do problema. Infelizmente, nenhum dos métodos utilizados apresentou bons resultados quando um número reduzido de graus de liberdade (GDL) foram medidos, e ainda, foi impossível distinguir a posição do dano na presença de sinais ruidosos. Os métodos de localização de danos analisados foram: Variação na matriz de flexibilidade; Método da curvatura

dos modos; Índice de danos baseados na flexibilidade e na curvatura dos modos; Variação na curvatura da flexibilidade; Multiplicação da diferença na curvatura dos modos (MDCM); Critério de confiança modal – MAC; Vetor de localização de dano baseado na matriz de flexibilidade.

Constatada estas deficiências dos métodos de localização estudados, optou-se no presente trabalho, pela utilização de redes neurais artificiais (RNA) para substituir tais métodos nessa primeira etapa do processo de identificação de danos. Diversos autores tem apontado o uso de Redes Neurais Artificiais (RNA) como uma alternativa para lidar com problemas de identificação de danos, devido à sua robustez, adaptabilidade e capacidade de lidar com dados incompletos. A pesquisa e os resultados sobre a utilização de RNA no processo de identificação de danos baseado em um modelo de dano contínuo serão apresentados neste trabalho. Redes neurais artificiais são modelos computacionais inspirados no sistema nervoso dos seres vivos. Possuem a capacidade de aquisição e manutenção do conhecimento (baseado em informações). São um conjunto de unidades de processamento que são interligados por um grande número de interconexões (sinapses artificiais).

## 2 | MODELO DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS VIA MATRIZ DE FLEXIBILIDADE ESTRUTURAL

As frequências naturais e as formas modais não-amortecidas da estrutura podem ser obtidas a partir do problema de autovalores-autovetores

$$(\mathbf{K} - \omega_i^2 \mathbf{M})\phi_i = \mathbf{0}, \quad (1)$$

onde  $\mathbf{M}$  e  $\mathbf{K}$  são, respectivamente, as matrizes de massa e rigidez, de dimensão  $n \times n$ ,  $\omega_i$  e  $\phi_i$  referem-se, respectivamente, à  $i$ -ésima frequência natural e à  $i$ -ésima forma modal da estrutura.

De forma geral, tem-se

$$\mathbf{K}\Phi = \mathbf{M}\Phi\Lambda, \quad (2)$$

onde  $\Phi$  é a matriz modal da estrutura, de dimensão  $n \times n$ , cuja  $i$ -ésima coluna corresponde à forma modal  $\phi_i$  e  $\Lambda$  é uma matriz diagonal,  $n \times n$ , formada pelos vetores quadráticos das frequências naturais, ou seja,  $\lambda_{ii} = \omega_i^2$ .

Para as formas modais da estrutura, normalizadas em relação à matriz de massa, tem-se

$$\Phi^T M \Phi = I; \quad (3)$$

$$\Phi^T K \Phi = \Lambda, \quad (4)$$

onde  $I$  é a matriz identidade e  $T$  representa a transposição de uma matriz.

Partindo da Equação (4) e do fato de a matriz de flexibilidade de uma estrutura ser definida como a inversa da matriz de rigidez, tem-se

$$\mathbf{G} = (\Phi \Lambda^{-1} \Phi^T) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\omega_i^2} \phi_i \phi_i^T. \quad (5)$$

Na prática, devido a limitações experimentais, tem-se a seguinte aproximação para a matriz de flexibilidade experimental  $\mathbf{G}_{exp}$  da estrutura,

$$\mathbf{G}_{exp} = \sum_{i=1}^{n_{exp}} \frac{1}{\omega_{i,exp}^2} \phi_{i,exp} \otimes \phi_{i,exp}^T. \quad (6)$$

onde  $n_{exp} < n$  é o número de modos obtidos do ensaio experimental,  $\omega_{i,exp}$  e  $\phi_{i,exp}$  são, respectivamente, a  $i$ -ésima frequência natural não-amortecida e forma modal obtidas experimentalmente.

Da Equação (6), observa-se que, devido à relação inversa com o quadrado da frequência natural, uma boa estimativa para a matriz de flexibilidade pode ser obtida experimentalmente a partir de modos de mais baixa frequência da estrutura, que na prática, são os modos que podem ser mais facilmente obtidos.

Da Equação (6), deve-se notar, também, que a dimensão da matriz  $\mathbf{G}_{exp}$  depende apenas do número  $m$  de GDL medidos no ensaio de vibrações, que é equivalente ao número de componentes dos modos experimentais  $\phi_{i,exp}$ . Sendo assim, a matriz de flexibilidade possui dimensão  $m \times n$ . Portanto, para se definir um problema de identificação de danos estruturais baseado na matriz de flexibilidade, torna-se necessária a determinação de uma matriz de flexibilidade analítica reduzida  $\tilde{\mathbf{G}}$  – relacionada apenas aos  $m$  GDL medidos no ensaio de vibrações – que contenha informações a respeito das propriedades de rigidez da estrutura como um todo. Para tal, a matriz de rigidez original deve ser particionada na forma

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} \mathbf{K}_{mm} & \mathbf{K}_{mo} \\ \mathbf{K}_{mo}^T & \mathbf{K}_{oo} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

onde os índices  $m$  e  $o$  referem-se, respectivamente, aos GDL medidos e omitidos. Pode-se mostrar, Alvin et al. (1995), que a matriz de flexibilidade analítica  $\bar{\mathbf{G}}$  é igual à inversa da matriz de rigidez reduzida, obtida pela redução estática de Guyan, Guyan (1995), ou seja,

$$\bar{\mathbf{G}} = [\mathbf{K}_{mm} - \mathbf{K}_{mo}\mathbf{K}_{oo}^{-1}\mathbf{K}_{mo}^T]. \quad (8)$$

No presente trabalho será considerada uma viga de alumínio simplesmente apoiada com  $1,0m$  de comprimento,  $0,005m$  de espessura,  $0,05m$  de largura, módulo de elasticidade nominal  $E_0 = 7,2582 \times 10^{10} Pa$  e momento de inércia de área nominal  $I_0 = 5,2083 \times 10^{-10} m^4$ . A viga em questão foi discretizada pelo método dos elementos finitos (MEF) em 20 elementos bidimensionais do tipo Euler-Bernoulli. Nos casos considerados neste trabalho, a mesma malha de elementos foi utilizada para aproximar o campo de deslocamentos e também o campo de coesão (dano). Foram adotados elementos com dois nós, onde cada ponto nodal possui dois GDL de deslocamento, um transversal e outro de rotação, e um parâmetro de coesão. A estrutura possui, portanto, um total de 21 nós, 40 GDL, devido às condições de contorno adotadas, e 21 parâmetros nodais de coesão. No entanto, apenas 10 GDL transversais, igualmente espaçados, são considerados medidos.

A imposição do defeito à viga é realizada através de uma redução na altura relativa da seção transversal  $h(x)/h_0$ , nos nós contidos no interior das regiões defeituosas. Portanto, nos nós defeituosos tem-se  $h(x)/h_0 < 1$ , e nos nós onde não há danos, tem-se  $h(x)/h_0 = 1$ .

O MEF, com os valores nodais do parâmetro de coesão prescritos de acordo com os cenários de dano considerados, é utilizado para gerar as frequências e modos de vibração da estrutura danificada, representando assim os dados experimentais sintéticos utilizados no processo de identificação de danos.

### 3 | DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS – REDE NEURAL ARTIFICIAL

Utilizam-se duas funções de ativação que são totalmente diferenciáveis, ou seja, são funções cujas derivadas de primeira ordem existem e são conhecidas em todos os pontos de seu domínio de definição.

A primeira delas é a função Tangente Hiperbólica, também conhecida como Função de Transferência Tan-Sigmoid ou *tansig*. O seu gráfico é mostrado na Figura

1.

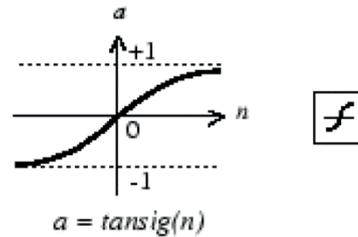


Figura 1 – Função de ativação Tangente Hiperbólica (*tansig*).

Fonte: Matlab, Toolbox.

A função de ativação Tangente Hiperbólica (*tansig*) é dada pela Equação (9).

$$g(u) = \frac{1 - e^{-\theta \cdot u}}{1 + e^{-\theta \cdot u}} \quad (9)$$

A outra função de ativação é a função Logística, também conhecida como Função de Transferência Log-Sigmoid ou *logsig*. O seu gráfico é mostrado na Figura 2.

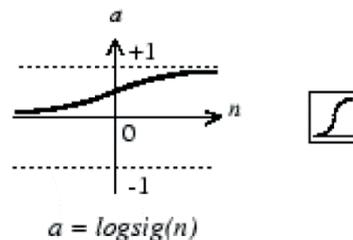


Figura 2 – Função de ativação Logística (*logsig*).

Fonte: Matlab, Toolbox.

A função de ativação Logística (*logsig*) é dada pela Equação (10).

$$g(u) = \frac{1}{1 + e^{-\theta \cdot u}} \quad (10)$$

Onde  $\theta$  é uma constante real associada ao nível de inclinação da função de ativação Tangente Hiperbólica ou Logística em relação ao seu ponto de inflexão.

A arquitetura de RNA adotada, neste trabalho, é a *feedforward* de camadas múltiplas, ou mais especificamente uma rede *Perceptron* de Múltiplas Camadas

(PMC). Utiliza-se para o processo de treinamento supervisionado da rede PMC o algoritmo *backpropagation* com *momentum*. A topologia para o PMC deste trabalho é composta pelos seguintes itens:

- 100 sinais ou amostras de entrada;
- 100 neurônios na primeira camada neural escondida, cada neurônio utilizando a função de ativação *tansig*;
- 100 neurônios na segunda camada neural escondida, cada neurônio utilizando a função de ativação *tansig*;
- 100 neurônios na terceira camada neural escondida, cada neurônio utilizando a função de ativação *tansig*;
- 21 neurônios na camada neural de saída, cada neurônio utilizando a função de ativação *logsig*.

A imposição do dano é realizada escolhendo-se um nó ou posição e um valor para o parâmetro de coesão  $\beta$ . Neste estudo, na fase de treinamento, o valor do  $\beta$  varia no intervalo  $[0,4;0,6]$ . Porém, na fase de teste, o  $\beta$  assume valores fora desse intervalo para demonstrar a capacidade de generalização das RNA. Nos gráficos dos resultados computacionais, o valor do parâmetro de coesão  $\beta$  é sempre convertido, por conveniência, para  $\frac{h(x)}{h_0}$  através da utilização da Equação (11).

$$\beta(x) = \left(\frac{h(x)}{h_0}\right)^3 \Rightarrow \frac{h(x)}{h_0} = \sqrt[3]{\beta} \quad (11)$$

Durante a realização deste trabalho, utilizou-se a fórmula  $\|\mathbf{G}_{mm} - \mathbf{G}_{exp}\|$  para gerar os dados de entrada para a RNA. Mas, os resultados encontrados não foram satisfatórios. A partir de então buscou-se um modo alternativo para gerar os dados de entrada. Após algumas tentativas e erros, o meio utilizado para gerar cada padrão de entrada da Rede Neural foi através da Equação (12).

$$\frac{\|\mathbf{G}_{mm} - \mathbf{G}_{exp}\|}{\|\mathbf{G}_{mm}\|} \cdot 100 \quad (12)$$

A rede PMC foi treinada sem a presença de dados ruidosos, ou seja, foi treinada com ruídos de 0%. Mas, na fase de teste, foram incluídos dados ruidosos de 3%, como também os de 0%.

### 3.1 Definição dos Parâmetros de Treinamento da RNA

Os parâmetros de treinamento que produziram os melhores resultados, após a implementação do código criado para a RNA, são os mostrados nos itens abaixo:

- Possui 100 sinais de entrada;
- Três camadas neurais escondidas com 100 neurônios artificiais cada uma;
- Uma camada neural de saída com 21 neurônios;
- Funções de ativação: *tansig* nas camadas neurais escondidas e *logsig* na camada neural de saída;
- Algoritmo de treinamento *Gradient descente backpropagation* com *momentum* e taxa adaptativa (*traingdx*);
- Número de épocas ou iterações estabelecidas = 2000000;
- Número de épocas atingido pela RNA após treinamento = 676756;
- Erro final desejado ou estabelecido = 0,0000001 =  $1 \cdot 10^{-7}$ ;
- Taxa de aprendizagem = 0,4;
- Taxa ou coeficiente de *momentum* = 0,6;
- A rede foi treinada atingindo-se o erro estabelecido.

#### 4 | RESULTADOS COMPUTACIONAIS

A seguir, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir de simulações numéricas com as RNA para identificação de danos em uma viga simplesmente apoiada de Euler-Bernoulli, após o treinamento e teste da rede. A Tabela 1 exibe as posições escolhidas para testar a rede neural após o treinamento. Na primeira coluna da Tabela 1 há a posição ou o nó onde o dano foi imposto, na segunda coluna colocou-se o valor do parâmetro de coesão  $\beta$  e na terceira coluna o valor do  $\frac{h(x)}{h_0} = \sqrt[3]{\beta(x)}$ .

Posição para Teste	$\beta$	$h(x)/h_0$	
4	0,512	0,8	Caso 1
10	0,512	0,8	Caso 2
13	0,512	0,8	Caso 3
16	0,6	0,84	Caso 4

Tabela 1 – Posições escolhidas para testar a RNA após o treinamento.

Fonte: O autor.

A RNA treinada será avaliada em relação à sua capacidade de localizar e quantificar o dano imposto na viga em estudo mesmo quando os sinais estão corrompidos por ruído.

Com o objetivo de simular de forma mais realística os dados experimentais, a simulação da presença de ruído nas medições foi abordada, adicionando-se às formas modais de vibração uma perturbação aleatória com distribuição uniforme.

Os modos de vibração, com imposição de ruído, são então fornecidos através da seguinte formulação (Equação 13),

$$\Phi_r(ij) = \Phi(ij) \left( 1 + \frac{p}{100} \mathit{rand}(-1,1) \right), \quad (13)$$

Onde  $\Phi_r$  corresponde aos modos de vibração contaminados por ruído e  $\Phi$  aos modos de vibração originais;  $p$  é o nível de ruído acrescentado; e  $\mathit{rand}(-1,1)$  é uma função geradora de números aleatórios no intervalo (-1,1,).

#### 4.1 Caso 1 – Com Ruído de 0% e 3%

Os resultados obtidos considerando medições sem interferência de ruído nos sinais, representam uma situação ideal. Utilizamos esses resultados para mostrar a capacidade do método proposto em identificar danos caso fosse realizado algum tratamento nos sinais obtidos de forma a eliminar tais perturbações. Como pode ser visto na Figura 3, para um dano considerado na posição 4 da discretização da viga, o método proposto conseguiu localizar e quantificar o dano com bastante exatidão, quando não foram considerados ruídos na medição (Figura 3(a)). Com a adição de ruído igual a 3% nos modos de vibração, o modelo de identificação de danos apresentado não conseguiu localizar o dano, mas, conseguiu indicar a região do dano (Figura 3(b)).

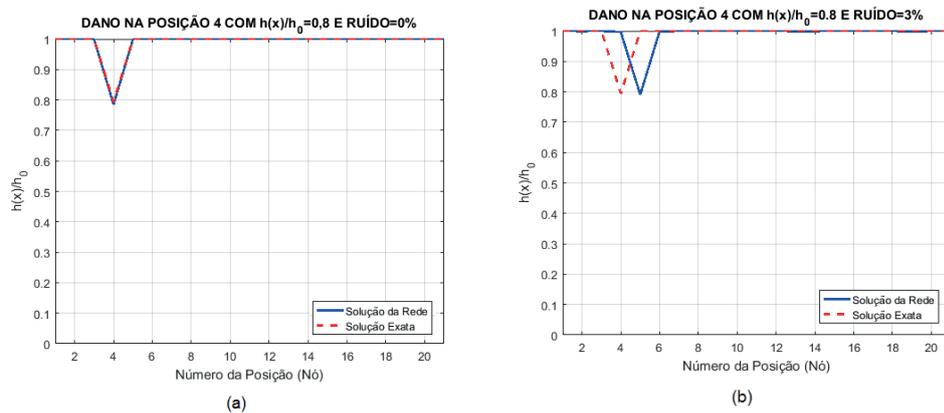


Figura 3 – Dano na posição 4 na discretização da viga.

#### 4.2 Caso 2 – Com Ruído de 0% e 3%

Novamente, pode-se verificar pela Figura 4 que o modelo de identificação de danos proposto usando RNA conseguiu localizar e quantificar satisfatoriamente o dano, quando não foram considerados ruído de medição (Figura 4(a)).

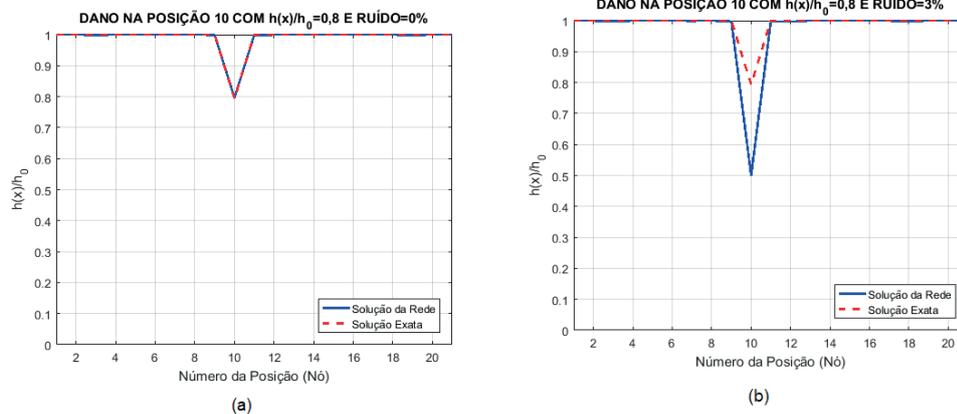


Figura 4 – Dano na posição 10 na discretização da viga.

Considerando a posição 10 da discretização da viga e os dados contaminados com ruído de 3%, o método utilizado conseguiu localizar a posição do dano com exatidão, mas não quantificou o dano corretamente (Figura 4(b)).

#### 4.3 Caso 3 – Com Ruído de 0% e 3%

Considera-se, agora, um dano próximo da região central da viga, sem a adição de ruído aos modos de vibração. Pode-se verificar que o método utilizado neste trabalho conseguiu localizar e quantificar o dano com bastante exatidão (Figura 5(a)).

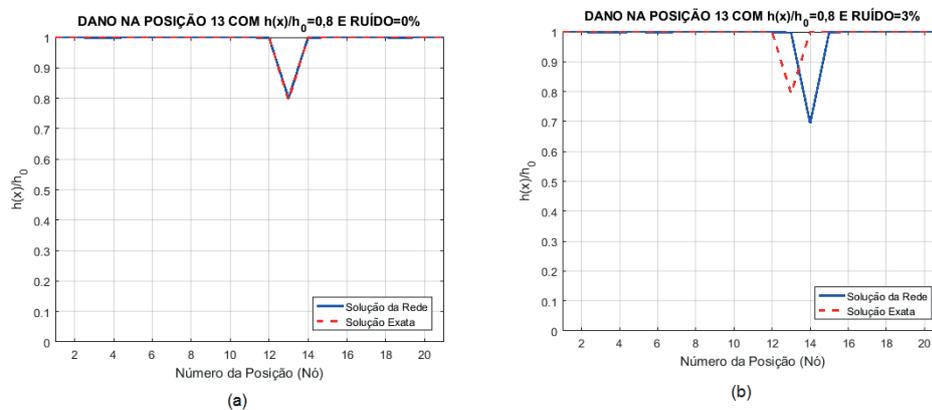


Figura 5 – Dano na posição 13 na discretização da viga.

Considerando-se os dados contaminados com ruído de 3%, percebe-se que a região onde a estrutura encontra-se danificada foi localizada, mas uma posição adjacente ao nó onde foi imposto o dano (Figura 5(b)). Mostra-se que o método conseguiu localizar e quantificar o dano satisfatoriamente mesmo considerando-se dados ruidosos.

#### 4.4 Caso 4 – Com Ruído de 0% e 3%

Para o caso considerado onde um dano é imposto na posição 16 da discretização

da viga de Euler-Bernoulli, o modelo de identificação de danos apresentado conseguiu localizar e quantificar o dano com bastante exatidão (Figura 6(a)). Vale ressaltar que não foram considerados dados contaminados por ruído.

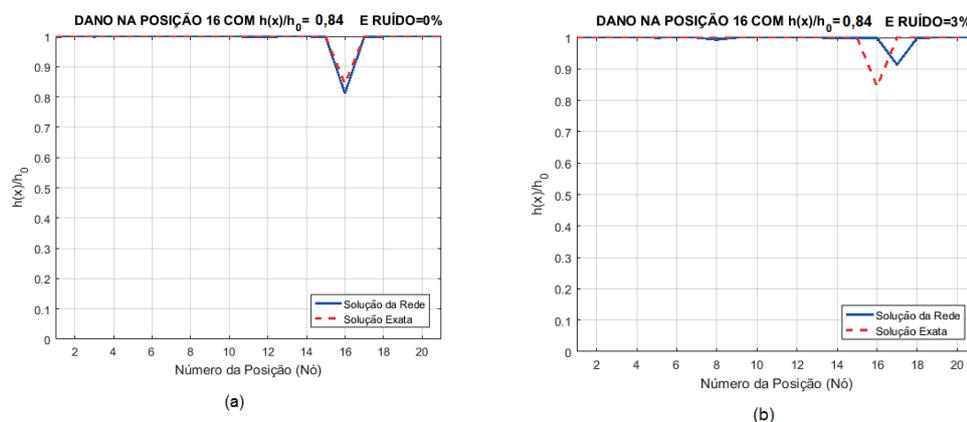


Figura 6 – Dano na posição 16 na discretização da viga.

Considerando-se os dados contaminados com ruído de 3%, percebe-se que a região onde a estrutura encontra-se danificada foi localizada, mas em uma posição adjacente ao nó onde foi imposto o dano (Figura 6(b)).

## 5 | CONCLUSÕES

A presença de dano foi descrita através de um parâmetro estrutural denominado parâmetro de coesão, utilizando-se para isso a modelagem do campo de danos através do método de elementos finitos. A utilização do parâmetro de coesão para simulação e identificação de danos difere da maioria das abordagens de identificação de danos encontradas na literatura, possibilitando a simulação de danos em estágio inicial de forma mais suave e realista. Por meio desta formulação é possível representar diferentes perfis de dano, assim como simular uma malha de danos diferente da malha de deslocamentos utilizadas.

Foram analisados os resultados obtidos de diversas simulações de dano na ausência de ruído e na presença de sinal ruidoso. Na presença de ruído de , considerado um nível de ruído bem elevado, segundo a literatura, os resultados foram bastante satisfatórios, pois em todos os casos considerados a região do dano foi encontrada e uma estimativa para a intensidade do dano foi fornecida. Sendo assim, o método proposto é promissor na substituição dos métodos de localização apresentados por Corrêa (2013), na tentativa de diminuir o número de parâmetros a serem atualizados pelos métodos de otimização quando estruturas mais complexas forem estudadas. Cabe salientar que, diferentemente dos métodos de localização citados, o presente método apresentou resultados satisfatórios na presença de dados ruidosos e com um número reduzido de informação modal. Além disso, o

método tem potencial para, sozinho, localizar e quantificar danos em estruturas mais complexas. Por serem as Redes Neurais Artificiais, após a fase de treinamento da mesma, uma ferramenta que fornece os resultados dos testes solicitados de forma rápida, acredita-se, diante dos casos de danos analisados, que a mesma é uma boa opção para diminuir o tempo gasto com a geração de resultados usando métodos de otimização estocásticos, facilitando assim o monitoramento contínuo da estrutura.

## REFERÊNCIAS

Alvin, K.F.; Peterson, L.D.; Park, K.D. **Method for determining minimum-order mass and stiffness matrices from modal test data**, AIAA Journal, Vol. 1, n. 33, pp. 128-135, 1995.

Corrêa, R.A.P. **Identificação de danos em estruturas bi-dimensionais via matriz de flexibilidade baseada em um modelo de danos contínuos**, Tese de Doutorado, IPRJ/UERJ, Nova Friburgo, 2013.

Cunha, L.N.M. **Identificação de danos em placas utilizando a matriz de flexibilidade**, Tese de Doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.

Carrillo, O.J.B.; Laier, J.E. **Algoritmo híbrido para avaliação da integridade estrutural: uma abordagem heurística**, Tese de Doutorado, UFSCar, São Carlos, 2007.

Guyan, R.J. **Reduction of stiffness and mass matrices**, American Institute of Aeronautics and Astronautics Journal, Vol. 3, n. 2, pp. 380, 1965.

Stutz, L.T.; Castello, D.A.; Rochinha, F.A. **A flexibility based continuum damage identification approach**, in Journal of Sound and Vibration, Vol. 279, pp. 641-667, 2005.

## **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 tratos 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

Acompanhante de parto 103  
Álgebra linear 47, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56  
Aminas benzílicas 388, 389

### B

Biodiesel 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148

### C

Capacidade antioxidante 126  
Construção Civil 86, 87, 88, 98, 155, 157, 158, 163, 236, 237, 255

### E

Energia solar 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46  
Estatística 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 46, 89, 95, 149, 153, 173, 215, 278, 360

### F

Formação docente 22, 24, 358, 364, 402, 403

### G

Gestão do Conhecimento 248, 260, 366, 368, 370, 372, 373, 374

### L

Letramento matemático 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78  
Líquido celomático 175, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186

### M

Metátese 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33  
Múltiplas escalas 79, 80, 81, 82, 84

### O

Ontologias biomédicas 113, 115, 120, 122

### P

Perdas 3, 8, 9, 46, 141, 142, 146, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163

## **R**

Redes Neurais 262, 264, 273

## **S**

Secagem 35, 36, 37, 38, 39, 45, 46, 144, 289, 296

Sistemas lineares 50, 53, 188, 190, 192, 193

## **T**

Teor de fibras 149, 150, 151, 153

## **V**

Vermicompostagem 175, 176, 187

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-623-2

