

# **CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE**

**FELIPE ANTONIO MACHADO FAGUNDES GONÇALVES  
(ORGANIZADOR)**

# **CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE**

**FELIPE ANTONIO MACHADO FAGUNDES GONÇALVES  
(ORGANIZADOR)**

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  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
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. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
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 Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
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  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
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. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás  
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Posaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

C569 Ciências tecnológicas, exatas e da terra e seu alto grau de aplicabilidade [recurso eletrônico] / Organizador Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-65-86002-63-8  
 DOI 10.22533/at.ed.638202403

1. Ciências agrárias. 2. Ciências exatas. 3. Tecnologia.  
I. Gonçalves, Felipe Antonio Machado Fagundes.

CDD 500

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

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

## APRESENTAÇÃO

Atualmente, notamos grande necessidade do desenvolvimento das ciências, bem como o aprimoramento dos conhecimentos já adquiridos pela sociedade. Sabe-se também que as ciências tecnológicas, exatas e da terra cumprem um papel importantíssimo na construção de saberes ligados a humanidade. Tais saberes só se tornam possíveis por meio de autores responsáveis por desenvolver pesquisas científicas nas mais diversas áreas do conhecimento.

Permeados de tecnologia este e-book contempla estudos na área da ciência tecnológicas, exatas e da terra, mostrando a aplicabilidade destas ciências em variados temas cotidianos. Temas ligados a Medicina, saúde, agricultura e ensino, são abordados nos capítulos desta obra, entre outros temas relacionados à produção científico-metodológica nas ciências.

Para o leitor, esta obra intitulada “Ciências tecnológicas, exatas e da terra e seu alto grau de aplicabilidade” tem muito a contribuir com estas áreas, já que cada capítulo aponta para o desenvolvimento, e aprimoramento de pesquisas científicas envolvendo temas diversos, mostrando-se não somente uma base teórica, mas também a aplicação prática de vários estudos.

Boa leitura!

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
INFLUÊNCIA DO OXALATO NA DETERMINAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA DE CHUMBO COM VERMELHO DE BROMOPIROGALOL PARA ANÁLISE DE RESÍDUOS DE ARMAS DE FOGO	
Fernanda Bomfim Madeira André Vinícius dos Santos Canuto Sheisi Fonseca Leite da Silva Rocha José Geraldo Rocha Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6382024031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
SISTEMA EMBARCADO PARA CONTROLE DO CONSUMO DE ENERGIA USANDO UMA ABORDAGEM BASEADA NA VISÃO COMPUTACIONAL E RNA	
Leonardo Nunes Gonçalves Joiner dos Santos Sá Carlos Augusto dos Santos Machado Alexandre Reis Fernandes Fabricio de Souza Farias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6382024032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
MODELAGEM ESPAÇO-TEMPORAL DOS CASOS DE DIABETES MELLITUS NA BAHIA: UMA ABORDAGEM COM O DFA	
Raiara dos Santos Pereira Dias Aloisio Machado da Silva Filho Edna Maria de Araújo Everaldo Freitas Guedes Florêncio Mendes Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6382024033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA VARIABILIDADE: UMA EXPERIÊNCIA VIVENCIADA NA DOCÊNCIA DE MATEMÁTICA NO 3º ANO DE UM COLÉGIO PÚBLICO	
Gilson De Almeida Dantas Luiz Márcio Santos Farias Aloísio Machado Da Silva Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6382024034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>56</b>
A MODELAGEM MATEMÁTICA EM UMA PERSPECTIVA CRÍTICA: REFLEXÕES SOB O OLHAR DOS PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA	
Ana Paula Rohrbek Chiarello Bruna Larissa Cecco Nadia Cristina Picinini Pelinson	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6382024035</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 70**

USO DOS RECURSOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NO DE 6º ANO DA ESCOLA PROFESSORA MARIA FIDERALINA DOS SANTOS LOPES NO MUNICÍPIO DE TOMÉ-AÇU/PA

Anne Louise Fernandes de Medeiros  
Eliel Viana Rodrigues  
Poliana Silva Costa  
Renato Araújo da Costa  
Maria Bernadete Marques Silva  
Rita do Carmo Marinho  
André Pires Costa  
Cleidiane Cardoso Assunção  
Oselita Figueiredo Corrêa  
José Francisco da Silva Costa

**DOI 10.22533/at.ed.6382024037**

**CAPÍTULO 7 ..... 90**

COMO ELEVAR UM NÚMERO A UMA POTÊNCIA COM CELERIDADE

Gilberto Emanuel dos Reis Vogado  
Gustavo Nogueira Dias  
Pedro Roberto Sousa e Silva  
Eldilene da Silva Barbosa

**DOI 10.22533/at.ed.6382024038**

**CAPÍTULO 8 ..... 101**

CÁLCULO DE DERIVADA DE FUNÇÕES A UMA VARIÁVEL COM UTILIZAÇÃO DOS NÚMEROS COMPLEXOS

Maurício Emanuel Ferreira Costa  
Luane Gonçalves Martins, Lates  
Aubedir Seixá Costa  
Reginaldo Barros  
Sebastião Martins Siqueira Cordeiro  
Antonio Maia de Jesus Chaves Neto  
Genivaldo Passos Correa  
José Francisco da Silva Costa

**DOI 10.22533/at.ed.6382024039**

**CAPÍTULO 9 ..... 120**

ANÁLISE ESTATÍSTICA DO MONITORAMENTO SISMOGRÁFICO DE CAVIDADES FERRÍFERAS. MINAS DE N4 E N5, CARAJÁS, BRASIL

Adimir Fernando Rezende  
Rafael Guimarães de Paula  
Marcelo Roberto Barbosa  
Leandro Alves Caldeira Luzzi  
Iuri Viana Brandi

**DOI 10.22533/at.ed.63820240310**

**CAPÍTULO 10 ..... 135**

AValiação DO RESSECAMENTO DA CAMADA DE COBERTURA UTILIZANDO SOLO COM ADIÇÃO DE FIBRAS PET POR MEIO DE ANÁLISE DE IMAGENS

Conceição de Maria Cardoso Costa  
Tomás Joviano Leite da Silva

Jaqueline Ribeiro dos Santos  
Luís Fernando Martins Ribeiro  
Claúdia Márcia Coutinho Gurjão

**DOI 10.22533/at.ed.63820240311**

**CAPÍTULO 11 ..... 150**

**O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL**

Gustavo Nogueira Dias  
Pedro Roberto Sousa e Silva  
Washington Luiz Pedrosa da Silva Junior  
José Edimilson de Lima Fialho  
Victor Hugo Chacon Britto

**DOI 10.22533/at.ed.63820240312**

**CAPÍTULO 12 ..... 160**

**POTENCIALIDADE BACTERICIDA DO AÇO INOXIDÁVEL MARTENSÍTICO 17-4 PH**

Rogério Erbereli  
Italo Leite de Camargo  
João Fiore Parreira Lovo  
Carlos Alberto Fortulan  
João Manuel Domingos de Almeida Rollo

**DOI 10.22533/at.ed.63820240313**

**CAPÍTULO 13 ..... 171**

**TENDÊNCIA TEMPORAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA VIOLÊNCIA CONTRA CRIANÇAS E ADOLESCENTES NA ZONA URBANA DE FEIRA DE SANTANA-BA 1998-2009**

Raiane de Almeida Oliveira  
Edna Maria de Araújo  
Roger Torlay Pires  
Aloisio Machado da Silva Filho

**DOI 10.22533/at.ed.63820240314**

**CAPÍTULO 14 ..... 194**

**EMULSÕES DE QUITOSANA/GELATINA COM ÓLEOS DE ANDIROBA E DE PRACAXI: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA SOBRE *Staphylococcus aureus***

Murilo Álison Vigilato Rodrigues  
Crisiane Aparecida Marangon  
Pedro Marcondes Freitas Leite  
Virginia da Conceição Amaro Martins  
Marcia Nitschke  
Ana Maria de Guzzi Plepis

**DOI 10.22533/at.ed.63820240315**

**CAPÍTULO 15 ..... 204**

**ANÁLISE DO POTENCIAL DOS ARENITOS DA FORMAÇÃO FURNAS PARA USO COMO AREIA INDUSTRIAL**

Ricardo Maahs  
Ericks Henrique Testa

**DOI 10.22533/at.ed.63820240316**

**CAPÍTULO 16 ..... 213**

**ESTUDO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE BARES E CASAS NOTURNAS DE FREDERICO WESTPHALEN - RS**

Bianca Johann Nery  
Carine Andrioli  
Marcelle Martins  
Eduardo Antônio de Azevedo  
Willian Fernando de Borba  
Bruno Acosta Flores

**DOI 10.22533/at.ed.63820240317**

**CAPÍTULO 17 ..... 219**

**CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DO AUDITÓRIO DO CEAMAZON DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**

Thiago Morhy Cavalcante  
Yves Alexandrinho Bandeira  
Thiago Henrique Gomes Lobato  
Wellington José Figueirêdo de Lima

**DOI 10.22533/at.ed.63820240318**

**CAPÍTULO 18 ..... 235**

**APLICAÇÕES ANTIFÚNGICA E ANTIBACTERIANA IN VITRO DE ÓLEOS ESSENCIAS DE CITRUS SPP.: UMA BREVE REVISÃO**

Mayker Lazaro Dantas Miranda  
Cassia Cristina Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.63820240319**

**CAPÍTULO 19 ..... 242**

**A ORIGEM DA ENERGIA DO SOL**

Marcelo Antonio Amorim  
Denes Alves de Farias  
Edite Maria dos Anjos

**DOI 10.22533/at.ed.63820240320**

**CAPÍTULO 20 ..... 251**

**POLÍMEROS HIPERRAMIFICADOS COMO CARREADORES DE FÁRMACOS: UMA VISÃO SOBRE SÍNTESE, PROPOSTAS DE MECANISMOS, CARACTERIZAÇÃO E APLICABILIDADES**

Diego Botelho Campelo Leite  
Edmilson Miranda de Moura  
Carla Verônica Rodarte de Moura

**DOI 10.22533/at.ed.63820240321**

**CAPÍTULO 21 ..... 265**

**PREY-PREDATOR MODELING OF CO<sub>2</sub> ATMOSPHERIC CONCENTRATION**

Luis Augusto Trevisan  
Fabiano Meira de Moura Luz

**DOI 10.22533/at.ed.63820240322**

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>276</b>
EXPERIMENTOS PARA A FEIRA DE CIÊNCIAS MEDIADOS PELO DIAGRAMA V	
Lucas Antônio Xavier Breno Rodrigues Segatto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.63820240323</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>289</b>
O USO DA COMPUTAÇÃO COGNITIVA NO COMBATE AO CÂNCER	
Fábio Arruda Lopes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.63820240324</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>296</b>
FERMENTAÇÃO SEMI - SÓLIDA PARA PRODUÇÃO DE LIPASE POR <i>Geotrichum candidum</i> UTILIZANDO TORTA DE MILHO	
Janaína dos Santos Ferreira Elizama Aguiar-Oliveira Sílvio Aparecido Melquides Mariana Fronja Carosia Eliana Setsuko Kamimura Rafael Resende Maldonado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.63820240325</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>308</b>
ANÁLISE SOBRE AS CARACTERÍSTICAS E O DESEMPENHO DO MREC	
Matheus Amaral da Silva Kevin Levrone Rodrigues Machado Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.63820240326</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>319</b>
AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE MINERAIS EM AMOSTRAS DE FARINHAS SEM GLÚTEN	
Júlia de Oliveira Martins Rudinei Moraes Junior Anagilda Bacarin Gobo Alessandro Hermann	
<b>DOI 10.22533/at.ed.63820240327</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>325</b>
LEVANTAMENTO DO PERFIL SOCIOECONÔMICO E A VLNERABILIDADE AMBIENTAL DOS ATINGIDOS POR INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE JAGUARI - RS	
Thomás Lixinski Zanin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.63820240328</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>346</b>
ESTABILIZAÇÃO DE UMA EQUAÇÃO COM OPERADOR $\Delta^{2p}$ COM TERMO NÃO LINEAR	
Ricardo Eleodoro Fuentes Apolaya	
<b>DOI 10.22533/at.ed.63820240329</b>	

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>355</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>356</b>

## CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DO AUDITÓRIO DO CEAMAZON DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submissão: 02/12/2019

### Thiago Morhy Cavalcante

Instituto de Ensino Superior da Amazônia

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/0433641064014585>

### Yves Alexandrinho Bandeira

Universidade Federal do Pará

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/9894777276732303>

### Thiago Henrique Gomes Lobato

Universidade Federal do Pará

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/9482743501476808>

### Wellington José Figueirêdo de Lima

Faculdade Faci Wyden

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/8149066497377340>

**RESUMO:** Esta pesquisa consiste em um estudo do comportamento acústico do auditório do CEAMAZON (Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia), localizado na Universidade Federal do Pará, utilizado para aulas, palestras, apresentações de trabalhos e pesquisas. O local foi analisado, primeiramente, a partir de medições com a utilização de equipamentos eletroacústicos do GVA (Grupo

de vibrações e acústica) e, baseadas na norma ISO 3382-1:2017. Parâmetros acústicos foram analisados em função dos resultados das medições: Definição (D50); o tempo de reverberação (T30); e por fim, o Índice de transmissão da fala (STI). Para a determinação da distribuição sonora dos parâmetros objetivos pelo auditório, foi feita uma modelagem virtual do ambiente com suas dimensões e configurações aproximadas da sala, utilizando os programas SketchUp e Odeon, se beneficiando da integração deles. A simulação precisou ser validada para uma maior confiabilidade dos resultados. Após isto, foram plotados gráficos ao longo de todo o auditório em forma de malha nos softwares, em que foram visualizados os parâmetros de definição sonora, com uma média de 0,87, e o índice de inteligibilidade da fala, com média de 0,77 (excelente). Ao final, foram discutidas as suas qualidades sonoras, justificando os valores obtidos tanto na medição acústica, como na modelagem computacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Auditório, definição sonora, modelagem computacional, índice de transmissão da fala e distribuição sonora.

ACOUSTIC CHARACTERIZATION OF  
THE CEAMAZON'S AUDITORIUM AT  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

**ABSTRACT :** This research consists in an

acoustic behavior analysis of the CEAMAZON's (Center of Excellence in Energetic Efficiency of Amazon) auditorium, located at Federal University of Pará, utilized for classes, lectures, presentations and researches. The place was first analyzed by measurements with the usage of electroacoustics equipment's of GVA (Group of Vibrations and Acoustics) and, there was based on the standard ISO 3382-1:2017. Results granted determined some objective parameters: Sound definition (D50); the reverberation time (T30); and then, the Speech Transmission Index (STI). The sound distribution of the objective parameters of auditorium were determined by a virtual model of the ambient with its approximated dimensions and configurations, utilizing the software Sketchup and Odeon, benefiting from their inclusion. The simulation needed to be validated for a better reliability. After that, graphs were plotted over the whole auditorium on a grid form in the software, in which the sound definition had an average of 0,87 and speech transmission index had an 0,77 (excellent). In the end, the acoustic qualities were discussed, justifying the data obtained from both the acoustic measurement and from the virtual model.

**KEYWORDS:** Auditorium, sound definition, computer modelling, speech transmission index and sound distribution.

## 1 | INTRODUÇÃO

O objetivo em um projeto de acústica de salas é especificar um ambiente com uma característica acústica adequada às atividades desenvolvidas no recinto, para isso, é importante, a priori, a definição dos parâmetros objetivos relevantes e seus valores ótimos, que dependem fundamentalmente do tipo de sinal acústico executado na sala (fala, música) (Brandão, 2016).

A proposta da pesquisa é quantificar, através de parâmetros objetivos, as qualidades e eficiências acústicas do auditório para fala. Isso foi feito a partir do uso de dados que foram obtidos através de medições acústicas baseadas em normas. Posteriormente, foi criada uma modelagem computacional do auditório para que fossem feitas simulações acústicas, sendo assim possível, a análise dos parâmetros objetivos distribuídos ao longo do recinto em uma apresentação por fala por uma fonte sonora natural. Este modelo virtual foi validado com o uso de comparações de parâmetros virtuais e reais em condições similares e aproximadas. Referências que serviram de inspiração por também abordar o tema de caracterização acústica em recintos (Melo *et al.*, 2017; Santana *et al.*, 2013; Henriques, 2014; Pinto, 2013; Oliveira, 2015).

## 2 | DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Auditório

O auditório avaliado (Figura 1) se localiza no CEAMAZON (Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia), localizado na UFPA (Universidade Federal do Pará), mais precisamente no Parque de Ciência e Tecnologia Guamá. A escolha por este auditório vem primeiramente pelo propósito de uso, que no caso é para apresentações faladas, aulas e palestras. E em conjunto com a sua geometria, materiais utilizados na sala e a sua localização, se teve um grande interesse em sua avaliação. De acordo com o site da instituição (2018), o auditório é um ambiente bem climatizado, dotado de sistema de som com caixas eletroacústicas, microfones e mesa de som, telão para projeção, um palco com mesas diretoras, pedestais e suporte para bandeiras, além de abrigar confortavelmente 150 pessoas sentadas. O auditório possui um volume de aproximadamente 423 m<sup>3</sup> (adquirido através de modelagem computacional do mesmo), ou seja, não chega a ser um auditório grande, mas acomoda um bom número de pessoas em relação ao seu volume.



Figura 1 - Auditório do Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia.

Fonte: AUTOR (2017)

## 2.2 Metodologia

As medições foram feitas com o intuito de conhecer o comportamento acústico do auditório através dos parâmetros objetivos, e com esse conhecimento, determinar o desempenho acústico do recinto com o uso de normas e fundamentos teóricos. Para as medições sonoras, foram utilizados equipamentos do GVA (Grupo de vibrações e acústica) da Universidade federal do Pará, no laboratório de Engenharia Mecânica na própria universidade. Os equipamentos estão ilustrados na Figura 2, na qual estão mostrados: A fonte omnidirecional, o amplificador de potência, conversor de sinais, microfone de campo difuso e o computador utilizado. As medições aconteceram com a presença de três pessoas no auditório (Condição de estúdio (ABNT 2017)), a

temperatura do ambiente era de 30°C com umidade de 70%.

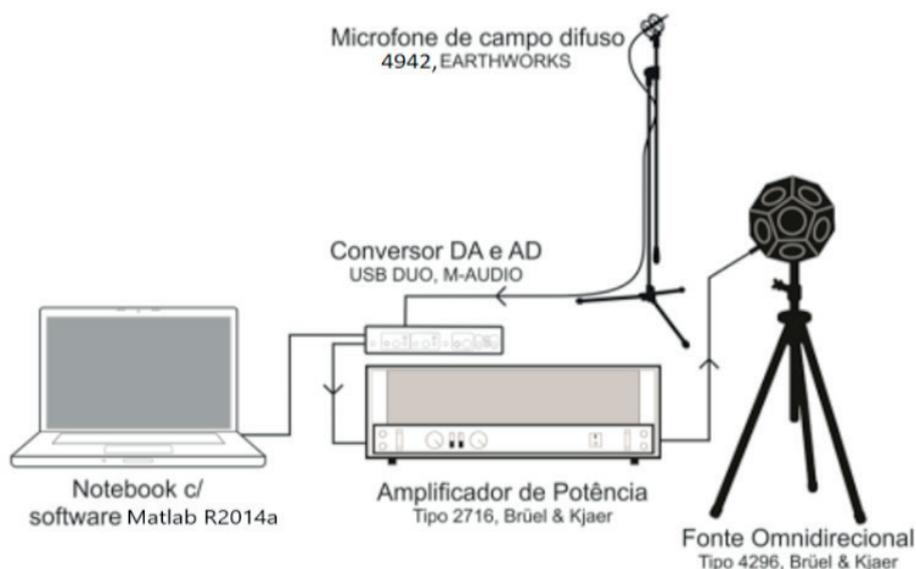


Figura 2 - Equipamentos utilizados na medição acústica.

Fonte: Adaptado de Santana *et al.* (2013) e Henrique (2014).

O ensaio acústico consiste na medição da função resposta da sala para uma excitação sonora causada por um ruído, impulso natural, ou entre outros que possuam uma largura de banda suficiente homogênea e extensa para cobrir toda a faixa de frequências interessadas na avaliação. No caso desta pesquisa, foi utilizado o sinal Sweep ou varredura de senos, na qual consiste em um sinal que excita a sala percorrendo todo o espectro sonoro audível gradualmente, da faixa mais grave até a mais aguda.

O método utilizado para o ensaio acústico é descrito na norma ISO 3382-1:2017. O sinal foi emitido pela fonte sonora omnidirecional para que o resultado não fosse prejudicado pela direcionalidade da mesma. Como o auditório não é muito grande e é destinado para palestras, a fonte foi posicionada na posição mais provável que uma fonte sonora natural (orador) seria utilizada no cotidiano do auditório, ou seja, no meio do palco. A norma pede para que sejam utilizadas, pelo menos, duas posições para a fonte sonora em medições, porém ela também afirma que em ambientes onde o orador normalmente não percorre grandes distâncias em apresentações (pequenos teatros/auditórios destinados a palestras), é aceitável a utilização de apenas uma posição para a fonte na medição. O microfone em contrapartida, seria o receptor do cotidiano, os alunos ou a plateia. Como o número de assentos é grande, não seria possível o posicionamento de microfones em cada lugar de uma só vez, além do que, só estava disponível um microfone para a pesquisa. Então foram feitas seis medições com o receptor em posições diferentes (o mínimo para auditórios de até 500 assentos), distribuídos ao longo do recinto, com intuito de medir uma maior área possível, como mostra a Figura 3. A Figura 4 mostra uma foto do microfone em

uma das posições. O microfone escolhido também era omnidirecional pelo mesmo motivo da fonte.

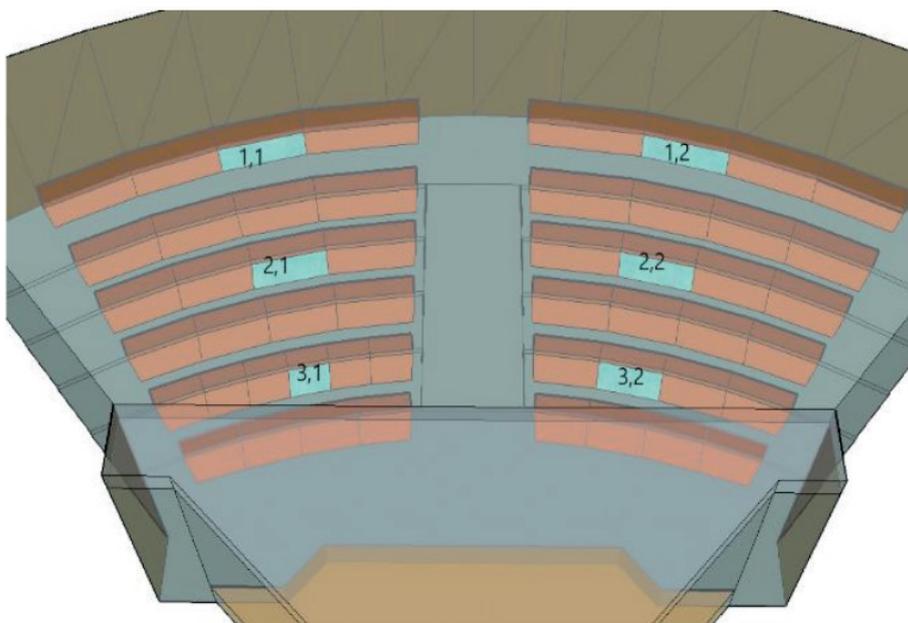


Figura 3 – Posições dos microfones ilustrados no SketchUp. A fonte estaria localizada no centro do palco.

Fonte: AUTOR (2017)



Figura 4 - Microfone posicionado. Posição (3,2).

Fonte: AUTOR (2017)

Tal sinal foi criado em um computador no programa *Matlab*, utilizando o *ITA Toolbox* (ferramenta aberta para acústica desenvolvida pelo Instituto de acústica técnica da universidade de *Aachen RWTH*) (site da ferramenta nas referências), e então, o mesmo é enviado para a fonte sonora com o auxílio de um amplificador de potência e um conversor de sinais, com o intuito de ser emitido acusticamente na sala.

O microfone recebe o sinal direto e suas reflexões, e os envia para o computador. O próprio programa em conjunto com a ferramenta interpreta o sinal influenciado pela sala e plota gráficos para cada parâmetro objetivo desejado. No caso, foram analisados os parâmetros  $T_{30}$  (tempo de reverberação), STI (índice de Transmissão da Fala) e  $D_{50}$  (definição sonora).

## 2.3 Resultado dos parâmetros objetivos

Foram obtidos dados dos parâmetros acústicos para cada posição do microfone, lembrando que, em cada uma delas, foram medidas três vezes a função resposta da sala. Os dados de cada posição representam uma média dos parâmetros objetivos obtidos pela resposta impulsiva para um menor erro possível. Como essa é uma avaliação de um auditório para apresentações faladas, os parâmetros objetivos medidos serão utilizados para definição da inteligibilidade da fala, que é um parâmetro subjetivo. Então para a pesquisa, foi definida a faixa de frequência a ser medida. Ballou (2015) afirma que a faixa de 300 Hz até 4000 Hz é de suma importância para a inteligibilidade; já Halkosaari, Vaalgamaa e Karjalainen (2001) utilizaram a faixa de 150 até 7000 Hz; Monson, Hunter e Story (2012) afirmam que existem evidências que as bandas de 8000 Hz e 16000 Hz possuem significância e afetam a inteligibilidade; porém foram utilizadas as 7 bandas de oitavas (125 Hz até 8000 Hz), pois elas abrangem bem o espectro sonoro da fala (Bistafa, S. R, 2011) e porquê a norma (ABNT, 2017) não possui coeficientes de absorção para todo o espectro (63, 8000 e 16000 Hz). A banda de 8000 Hz foi considerada, pois ela é necessária para o cálculo do Índice de transmissão da fala. Os valores dos coeficientes de absorção sonora para essa banda foram extrapolados seguindo o comportamento padrão de cada material.

O tempo de reverberação é, em segundos, o que leva para a densidade energética decair a 1 milionésimo do referente no estado estacionário, ou seja, o tempo que leva para o nível de pressão sonora estacionário da sala diminuir em 60 dB após a fonte sonora parar de emitir som (Brandão, 2016). Ele é o parâmetro objetivo mais antigo para acústica de salas e está ligado com a maioria deles. A influência dele é determinante para comunicação e apresentações, tanto musicais como faladas. Quando o som sessa rapidamente após o fim da emissão sonora, o tempo de reverberação é curto, como deve ser em lugares onde a inteligibilidade é essencial ou onde as reflexões sonoras são indesejadas (câmara anecoica). Já em ambientes em que o tempo de vida da onda sonora se prolonga mais: Igrejas, salas de concerto e câmaras reverberantes, o tempo de reverberação tende a ser mais elevado. A determinação do tempo de reverberação adequado para a sala se deve primeiramente ao tipo de utilização em que o recinto será utilizado. Para

fala, é desejado um  $T_{30}$  menor, já para música, ele é mais abrangente, dependendo bastante do estilo musical a ser apresentado no local, mas em geral, é desejado um tempo maior. (Brandão, 2016; Ballou, 2015; Bistafa, 2015).

A Figura 5 mostra os valores do tempo de reverberação para cada uma das sete bandas de frequência, representadas em uma média das seis posições distribuídas pelo auditório ( $T_{30}$  médio). Brandão (2016) e ABNT (1992) demonstram que existe uma relação de um ótimo tempo de reverberação com um certo volume de ar para vários tipos diferentes de aplicações ou usos. Esses valores desejáveis para o auditório do CEAMAZON estão demonstrados também na Figura 5 ( $T_{30}$  ideal). Em 500 Hz, o auditório possui um  $T_{30}$  médio medido de 0,45 segundos. Se comparado com um ótimo tempo de reverberação para uma sala de conferência com volume de ar de 423 m<sup>3</sup> (cerca de 0,66 segundos), o  $T_{30}$  médio medido do auditório se mostra inferior. O que não significa que seja algo ruim, devido que essa relação de valores ótimos não leva em conta a geometria do ambiente, temperatura, umidade, topologia, número de pessoas na sala, ruído de fundo do ambiente e direcionalidade da fonte sonora. Porém, este baixo tempo de reverberação pode significar excesso de absorção, devido que a medição aconteceu com três pessoas, longe de sua total capacidade (quando o recinto está ocupado, o nível de absorção sonora aumenta, em consequência, o tempo de reverberação diminui (Brandão, 2016)).

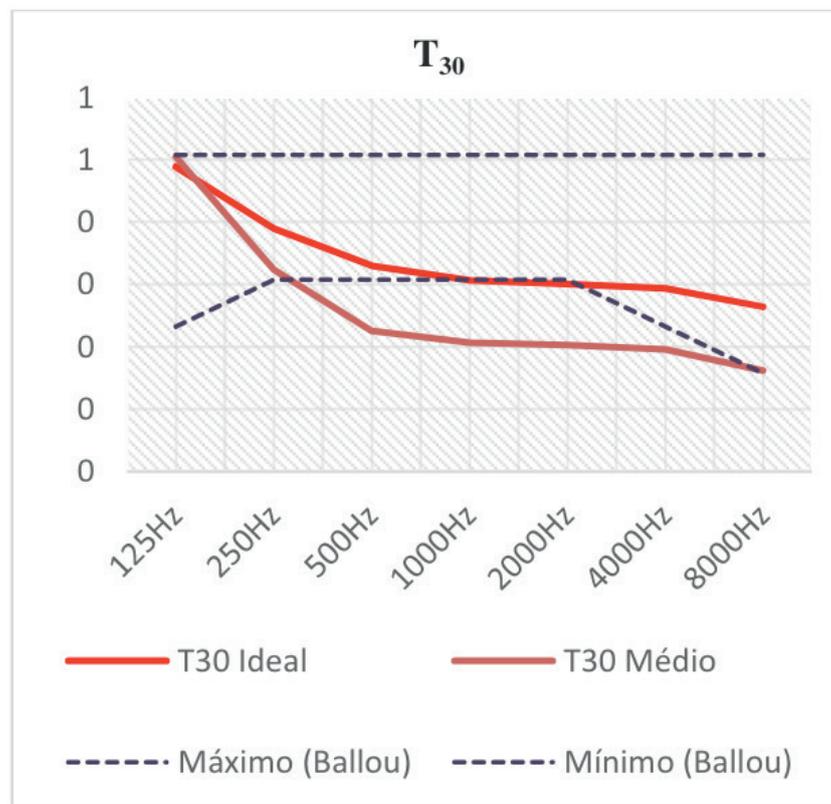


Figura 5 - Valores do tempo de reverberação médio em comparação com valores ideais para o seu respectivo volume e uso.

Fonte: AUTOR (2017)

Como também pode ser visto na Figura 5, a média do tempo de reverberação, em praticamente todo o seu espectro sonoro medido, é menor que o valor ótimo para auditório com o uso da fala, apenas na banda de 125 Hz, onde este valor é aproximadamente ideal. Essa inferioridade de até 200 ms na comparação pode prejudicar a inteligibilidade, causada pela diferença considerável entre os valores. Inclusive, com o auditório ocupado em 80~100% de sua capacidade, Ballou (2015) explicita uma relação de um valor T30 médio desejado (valor da média das frequências de 500 Hz e 1000 Hz) para fala, que com este volume do auditório, esse valor é de 0,815 segundos, bem maior do que o 0,636 segundos de que o auditório possui. Porém, o autor também demonstra uma faixa de valores desejáveis, com valores máximo e mínimos, apresentados também na Figura 5, no qual mostra que com o auditório no estado em que foi medido (3 pessoas), ele continua não se encontrando em condições ideais para seu funcionamento na maioria de sua faixa de frequências (500 até 4000 Hz). Isto também demonstra que com o auditório com sua capacidade máxima (80~100%) o som na sala tende a se tornar mais seco, devido que o seu tempo de reverberação médio diminui.

A definição sonora, um parâmetro objetivo vastamente utilizado para medir ou relacionar a capacidade subjetiva de distinguir sons em sequência (inteligibilidade), resulta na razão entre a energia que chega ao receptor até 50 milissegundos após a chegada do som direto e toda a energia sonora medida. Ballou (2015) afirma que o parâmetro deve ter uma curva padrão e que para alcançar um ideal de 85% de inteligibilidade de sílabas, deve-se ter pelo menos um D50 de 0,5 (mínimo ideal). Isto é identificado na Figura 6 em conjunto com os valores médios medidos. A definição sonora é altamente influenciada pelas reflexões sonoras iniciais, pois são essas que chegam ao receptor nos primeiros milissegundos da medição, além de que essas reflexões são as que possuem uma maior quantidade de energia sonora, muito importante para a compreensão da fala. Brandão (2016) afirma que com o aumento da absorção sonora, é provocado um decaimento energético mais rápido dentro da sala, o que leva a uma maior concentração da energia na parte inicial do decaimento (primeiras reflexões), ou seja, um aumento da definição sonora.

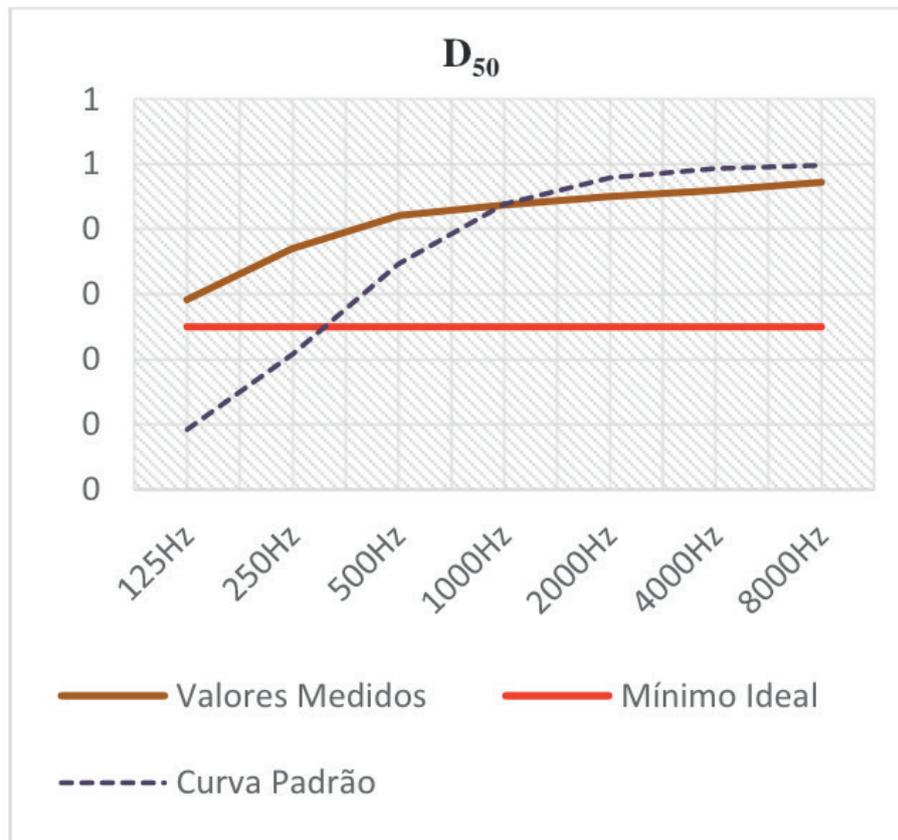


Figura 6 - Valores da definição sonora média da sala em comparação com o mínimo ideal (0,5) e o padrão de curva citado por Ballou (2015).

Fonte: AUTOR (2017)

## 2.4 Modelagem Computacional e Simulações

Com os resultados das medições acústicas e com o conhecimento geométrico e espacial do ambiente, é possível a criação de uma modelagem computacional do auditório em softwares especializados. Isto é feito para se criar um ambiente virtual aproximado da sala, possibilitando a realização de simulações, e assim tendo uma melhor avaliação e um maior conhecimento do comportamento acústico na sala, de uma maneira mais prática e menos custosa. No caso, esta modelagem será utilizada para a visualização dos parâmetros objetivos ao longo do auditório. Referencias que utilizaram modelagem computacional para o auxílio de pesquisa (Melo *et al.*, 2017; Santana *et al.*, 2013; Henriques, 2014; Pinto, 2013; Oliveira, 2015; Christesen e Rindel, 2013).

### 2.4.1 Softwares

Para a simulação acústica da sala, temos que ter a sala em si, virtualmente, e para isso é necessário o conhecimento espacial e geométrico do ambiente. O software utilizado para a modelagem computacional do recinto foi o SketchUp, devido ter uma interface simples, prática e possuir integração com softwares de simulações acústicas. As dimensões do auditório foram medidas com auxílio de uma trena a

laser. O auditório no software pode ser visto na Figura 3. Aproximações foram feitas nas cadeiras e nas cortinas para diminuir o custo operacional, isto pode afetar um pouco os resultados (Christesen e Koutsouris (2013) recomendam essa simplificação, explicando o procedimento, pois afirmam que não se altera consideravelmente a qualidade do resultado).

Para a simulação acústica foi utilizado o software Odeon. Christesen e Koutsouris afirmam que este utiliza uma modelagem híbrida da acústica geométrica com o método de raios e o de fontes virtuais para o funcionamento da simulação. A simulação consiste da seguinte maneira: Utilizar uma sala virtual criada por algum software de modelagem (SketchUp); localizar a fonte sonora e o receptor, e configurá-los do jeito que for desejado, no caso para a validação da sala virtual, a fonte e o microfone foram configurados omnidirecionais para igualar a medição real; e por fim, selecionar materiais para cada superfície da sala, pois cada uma possui um comportamento diferente à incidência do som. A obtenção dos valores certos de absorção sonora específicos de cada material para cada banda de frequência do auditório é de difícil acesso, é mais provável que eles nem tenham sido medidos, o que poderia comprometer os resultados. Devido a isto, foram utilizados os coeficientes de absorção sonora por incidência difusa normalizados na NBR 12179:1992. A Tabela 1 mostra os coeficientes de absorção adotados para cada material das superfícies do recinto. É válido lembrar que a norma não contém dados para o teto micro-perfurado, aproximações foram feitas utilizando os dados de um forro perfurado.

Material	Coeficientes de absorção sonora por incidência difusa						
	125 Hz	250 Hz	500Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Parede	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07	0,09
Palco	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	0,08
Carpete	0,09	0,18	0,21	0,26	0,27	0,47	0,55
Cortina	0,14	0,35	0,55	0,72	0,70	0,65	0,60
Assento	0,13	0,14	0,15	0,11	0,07	0,05	0,04
Teto P.	0,25	0,37	0,64	0,55	0,60	0,54	0,56

Tabela 1: Coeficiente de absorção sonora por incidência difusa retirados da ABNT (1992).

#### 2.4.2 Validação

Esta etapa é de suma importância, pois serve para autenticar o ambiente virtual com o real. São utilizados os parâmetros objetivos obtidos da medição acústica para compará-los com os obtidos da simulação computacional, se eles forem relativamente próximos, a modelagem virtual é validada. Desta maneira, a análise da distribuição sonora resultada da simulação se torna confiável para ser utilizada como parâmetro

do auditório real. Na simulação, a fonte virtual foi posicionada no centro do palco e os receptores virtuais na plateia da mesma maneira que está explícito na Figura 3. Como já dito, o objetivo do uso dos programas é simular ao máximo o auditório real, a fonte e os receptores também se incluem nesse quesito.

Segundo a norma ISO 3382-1:2017, cada parâmetro objetivo possui uma diferença no limiar do observável (ou jnd, *just noticeable difference*). O jnd apresenta, portanto, a menor variação no valor de um parâmetro objetivo que um ser humano médio consegue perceber. Ou seja, na comparação entre a simulação e a medição no recinto, os resultados que possuírem diferenças menores que o jnd são considerados aproximados e, portanto, é possível considerar os parâmetros virtuais como aproximadamente iguais aos reais. Se todas as diferenças entre os resultados medidos resultarem em valores menores que o jnd, o recinto virtual é validado. A tabela 2 mostra os valores do jnd para cada parâmetro.

As Figuras 7 e 8 demonstram as diferenças entre os valores medidos do ensaio no auditório e os obtidos da simulação computacional, para uma comparação mais clara, é mostrado também o valor de jnd para cada banda de frequência. Como pode-se observar, as diferenças entre os tempos de reverberação de todas as bandas de frequência estão dentro da faixa do jnd, ou seja, não há divergências subjetivas perceptíveis. O mesmo não se pode falar para a definição sonora em toda sua faixa de frequências, o valor resultado da simulação computacional na banda de 125 Hz se difere consideravelmente do medido, essa divergência fica explícita quando comparada com o jnd do parâmetro, em que ela ultrapassa o limite da faixa. No caso, como o programa Odeon não utiliza a acústica ondulatória em sua modelagem, ele não considera o som como uma onda e por isso acaba por ignorar o comportamento modal da acústica de salas, é cabível então, considerar que os resultados abaixo da frequência de Schroeder (frequência onde o comprimento da onda começa a interferir da homogeneidade acústica da sala, 377 Hz no caso deste auditório) são resultados comprometidos e podem estar equivocados.

Parâmetros	JND
Tempo de Reverberação	5%
Definição Sonora	0,05

Tabela 1: Valores de jnd.

A modelagem virtual resultou em um índice de transmissão de fala de cerca de 0,80, valor bem próximo do medido (0,8139), o que também o encaixa na configuração excelente. Este parâmetro também foi validado, mesmo que a suposta influência equivocada da faixa de 125 Hz possa ter divergido o valor, a diferença entre os

valores virtuais e reais é tão pequena que isto não iria comprometer a análise do auditório.

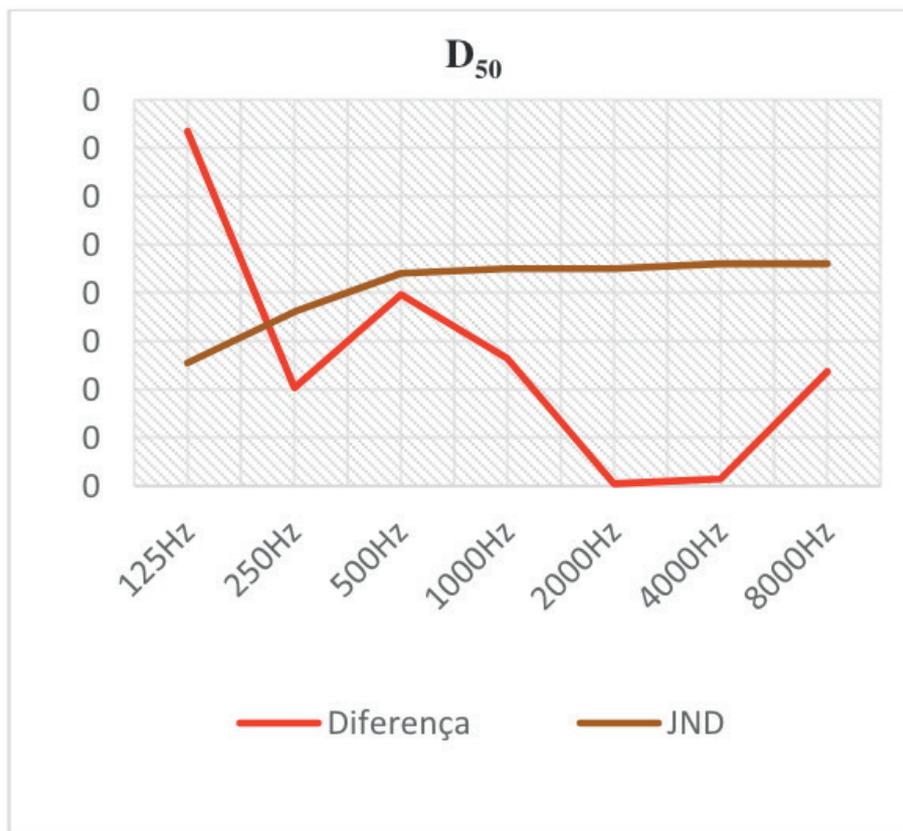


Figura 7 – Diferença dos valores da definição sonora na medição com os da simulação; e os valores de jnd para este parâmetro.

Fonte: AUTOR (2017)

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Distribuição Sonora

Um dos objetivos de um bom tratamento acústico é a boa distribuição sonora ao decorrer do auditório, ou pelo menos, onde a plateia se situará. Essa homogeneidade pode ser feita a partir de: Uma boa reflexão difusa para espalhar a energia sonora ao longo do recinto; as reflexões especulares em áreas desfavoráveis, aumentando a definição sonora e inteligibilidade da fala, devido ao aumento de energia sonora nas reflexões iniciais; a minimização de concentrações energéticas, causadas por superfícies côncavas; os modos acústicos nas baixas frequências; e também evitando obstáculos ao longo do auditório e assim não havendo zonas de sombra acústica (estas ocorrem quando os receptores estão posicionados atrás ou abaixo de obstáculos e a difração não consegue suprir tais barreiras) (Brandão, 2016; Ballou, 2015). A direcionalidade da fonte também influencia nesse quesito, porém ela não está ligada a sala.

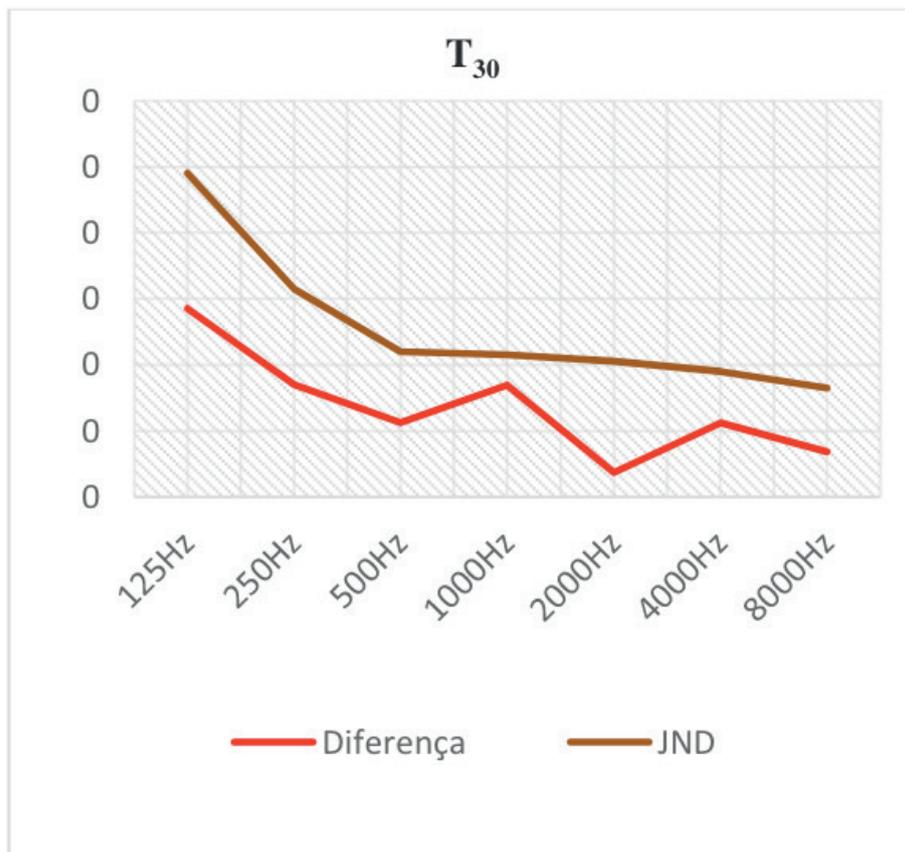


Figura 8 - Diferença dos valores do tempo de reverberação na medição com os da simulação; e os valores de jnd para este parâmetro.

Fonte: AUTOR (2017)

Após a validação da modelagem computacional, as configurações da fonte sonora foram alteradas para simular uma fonte sonora natural de um orador, e assim, visualizar como seria a distribuição sonora ao longo do auditório com uma direcionalidade de uma pessoa que, no caso, é o tipo de fonte sonora que é normalmente utilizada no cotidiano do recinto. Foram utilizados os fatores de direcionalidade horizontais das referências (Halkosaari *et al.*, 2001; Monson, 2012), e para os verticais, foram utilizados os já definidos do Odeon para uma fonte sonora natural com intensidade sonora normal, para mais informações (Christesen e Koutsouris, 2013). Oliveira (2015) afirma que as bandas de frequências de oitava mais importantes da inteligibilidade da fala se encontram em 2000 Hz e 4000 Hz.

As Figuras 9 e 10 demonstram, respectivamente, as médias das distribuições sonoras de definição em 2000 Hz e do índice de Transmissão Sonora ao longo do auditório. Onde, nessas frequências, a definição sonora possui uma média de 0,87, com o mínimo de 0,64 nas partes com cores mais claras e amareladas, e máximo de 0,92 nas partes com vermelho mais forte. Já o Índice de Transmissão da Fala possui um máximo de 0,80 nas áreas mais amareladas, mínimo de 0,70 (bom) nas áreas mais azuladas e uma média de 0,77 (excelente).

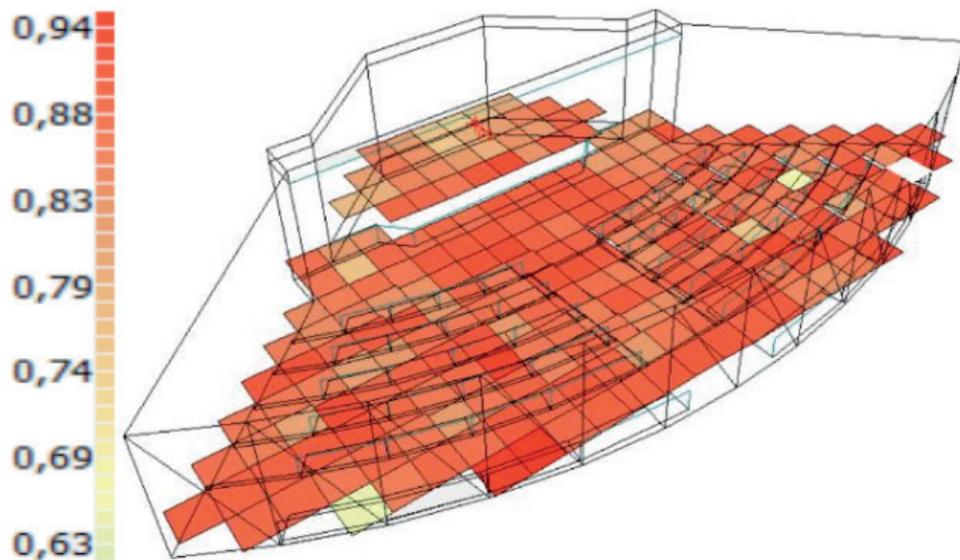


Figura 9 - Gráfico em malha da definição sonora na banda de 2000 Hz ao longo do auditório.

Fonte: AUTOR (2017)

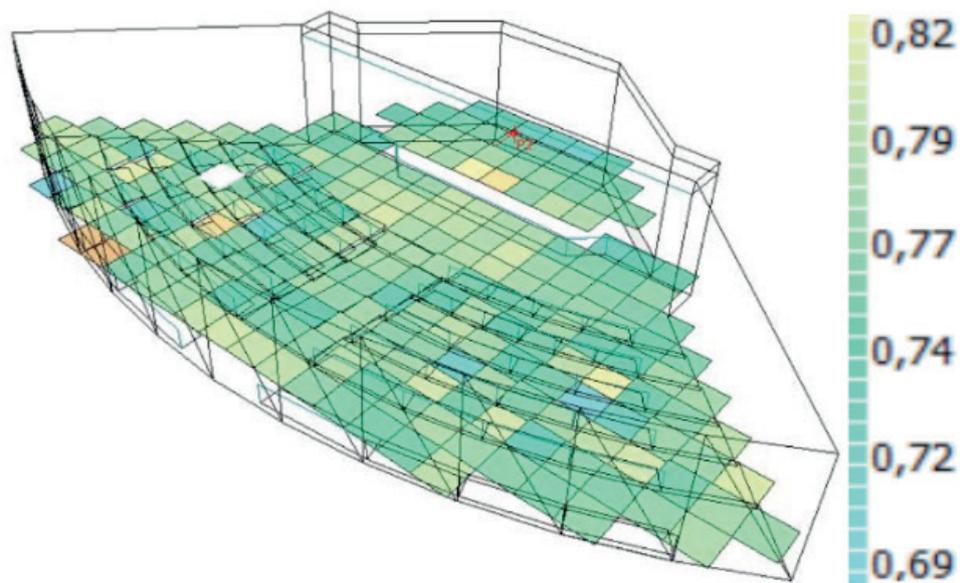


Figura 10 - Gráfico em malha do índice de transmissão da fala ao longo do auditório.

Fonte: AUTOR (2017)

#### 4 | CONCLUSÕES

Devido a sua geometria em leque, na qual a distância entre o primeiro e o último assento da plateia é reduzido; a topografia dos assentos também é um dos aspectos que beneficia a acústica do ambiente, possuindo uma elevação de 85 mm a cada fileira (Brandão (2016) recomenda entre 80 e 120 mm), aumentando a visão dos ouvintes e sua recepção a ondas sonoras diretas; paredes laterais e traseiras com absorção sonora por toda sua extensão para reduzir ecos e as reflexões laterais, aumentando assim a localização da fonte; a distância máxima entre a fonte e o

ouvinte ser menor que 12m (~10m) e o volume do auditório por assento ser entre 2,3 e 4,3m<sup>3</sup> (2,82m<sup>3</sup> no caso do auditório); ao ótimo tratamento acústico feito no projeto do mesmo, com materiais de absorção bem distribuídos pela sala e nas frequências em questão; e ao fato do teto ser um absorvedor sonoro de forro micro-perfurado, criando uma sensação de intimidade no som (Ballou, 2015), o auditório do CEAMAZON possui uma qualidade sonora de boa para excelente em apresentações faladas, onde até os últimos ouvintes conseguem uma ótima qualidade sonora. Isto está explícito no parâmetro de definição sonora e índice de inteligibilidade da fala possuindo valores altos por toda sua extensão, mesmo tendo um T30 inferior a um valor ótimo referenciado em (Brandão, 2016; Ballou, 2015; Bistafa, 2011). É importante notar que a definição sonora possui bom desempenho em bandas de frequências médias e altas, onde o som possui uma grande contribuição para a inteligibilidade da fala.

Algumas ressalvas foram observadas, como por exemplo, o possível excesso de absorção sonora quando o auditório está em lotação máxima (80~100%), o que pode resultar em uma diminuição da inteligibilidade para fala do local. As frequências baixas não foram analisadas na modulagem computacional, devido a sua limitação no comportamento sonoro. Futuras pesquisas devem ser feitas para analisar os auditórios observando tais ressalvas.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 3382-1:2017**: Acústica - Edição de parâmetros de acústica de salas, Parte 1: Salas de espetáculos. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 12179:1992**: Tratamento acústico em recintos fechados - Procedimento. 1992.
- BALLOU, G.; **Handbook for sound engineers**. 5th ed. Oxford: Focal press, 2015.
- BISTAFA, S. R.; **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2011.
- BRANDÃO, E.; **Acústica de Salas: Projeto e Modelagem**. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2016.
- CHRISTESEN, C. L.; KOUTSOURIS, GEORGIOS.; **Odeon Room Acoustics Software**, user manual: Basic, Industrial, Auditorium and Combined editions. 2nd ed. V. 12, Lyngby, 2013.
- CHRISTESEN, C. L.; RINDEL, J. H.; **Room acoustic simulation and Auralization – How close can we get to the real room?** In: *The Eighth Western Pacific Acoustic Conference, WESPAC 8*, Melbourne, Vic, 2003.
- HALKOSAARI, T.; VAALGAMAA, M.; KARJALAINEN, M.; **Directivity of Artificial and human speech**. *Journal of the Audio Engineering Society*, v. 53, n. 7/8, p. 620–631, 2001.
- HENRIQUES, N. J. M.; **Qualidade acústica do auditório da faculdade de engenharia mecânica do instituto de tecnologia Da UFPA**. 2014. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do

Pará, Belém, PA.

IEC, I. E. C. **IEC 60268-16**: International Standard: Sound system equipment - Part 16: Objective ranking of speech intelligibility by speech transmission index. Suíça, 2011.

MELO, V. S. G.; LIMA, P. G.; SANTOS, T. G.; TENENBAUM, R. A.; **Validação de realidade virtual acústica via testes de articulação em salas ruidosas e reverberantes**. *Acústica e Vibrações*, v. 49, p 51-57, 2017.

MONSON, B. B.; HUNTER, E. J.; STORY, B. H.; **Horizontal directivity of low- and high-frequency energy in speech and singing**. *Acoustic Society of America*, v. 132, n. 1, p. 433–441, 2012.

OLIVEIRA, G. K.; **Avaliação do comportamento acústico de auditórios com ênfase nos critérios da inteligibilidade da fala**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

PINTO, M. H. A.; **Caracterização Acústica De Grandes Auditórios**, 2012. Dissertação de mestrado. Universidade de Porto, Porto, Portugal.

SANTANA, A. L. S.; OHANA, G. J.; SOEIRO, N. S.; MELO, V. S. G.; LIMA.; **Estudo da Acústica de Salas Voltadas ao Ensino de Música em Belém-Pa**. *Acústica e Vibrações*, v. 45, p 23-32, 2013.

CEAMAZON; **Site do auditório do CEAMAZON**, <http://www.ceamazon.com.br/servicos/auditorio>.

INSTITUTO DE ACÚSTICA TÉCNICA; **Site do ITA-Toolbox**. Universidade RWTH Aachen. <http://www.ita-toolbox.org>.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço inoxidável 17-4 PH 173

Agricultura 356

Análise química 2, 216, 219, 222

Astronomia 146, 254, 255, 256, 262

Aterro sanitário 148, 150

Auditório 231, 232, 233, 234, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246

### B

Balística 1, 10

### C

Cálculo integral 162

Camada de cobertura 147, 148

Cavidades naturais 132, 146

Ciência da computação 301, 302, 303, 304, 307

Consumo de energia 11, 12, 14, 40, 46, 47, 48

Criança e adolescente 184

Cubo da soma 102, 109, 110, 111

### D

Definição sonora 231, 236, 238, 239, 241, 242, 243, 244, 245

Dfa 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 36

Diabetes mellitus 24, 35, 36

Diagrama v 288, 289, 290, 291, 292, 296, 298, 299, 300

Doença celíaca 331, 332, 335, 336

### E

Educação estatística 37, 53, 54

Ensino da matemática 65, 112, 162

Ensino de ciências 82, 83, 85, 87, 88, 91, 92, 93, 99

Envelhecimento por precipitação 172, 173, 181

Espectrometria de absorção atômica 3, 331, 332, 336

### F

Fermentação semi-sólida 308, 310, 311, 313, 314, 315, 316

Fitopatógenos 247

Formação de professores 56, 63, 96, 165, 170

Fusão 221, 254, 257, 260, 261, 302

## G

Gerenciamento 14, 23, 225, 226, 227, 230, 338, 355, 356

## H

Hiperramificados 263, 265, 266, 267, 270, 273, 274

Hospitalização 24, 32, 34

## I

Inundações 337, 338, 339, 340, 341, 343, 349, 351, 353, 354

Isolamento sonoro 70

## L

Lei 12.305/2010 226

Lipase 308, 309, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319

## M

Medicina 168, 263, 273, 301, 304, 305, 307

Medidas de dispersão 37, 187

Método alternativo 113, 114, 130

Método científico 288, 289, 290, 299

Modelagem matemática 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

Modelo presa-predador 277

Monitoramento sismográfico 132, 133, 134, 138

## O

Óleo de pracaxi 207, 208, 209, 212, 213

## P

Perfil socioeconômico 337, 338, 341, 349, 353

Polímeros 213, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 271, 272, 273, 274

## Q

Quadrado da soma 102, 104, 106, 107

Química forense 1, 3

Quitosana 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213

## R

Reciclagem 226, 229, 230

Recomendação 26, 320, 321, 322, 324, 325, 326, 329

Ruído de impacto 70, 71, 72, 76, 78, 80

## S

Sedimentologia 216, 219

Sistema embarcado 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 22

Sistemas 12, 15, 22, 23, 35, 70, 71, 72, 73, 77, 79, 80, 147, 167, 168, 190, 203, 248, 263, 264, 265, 272, 274, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 320, 321, 322, 323, 325, 329, 356, 357

## T

Taxa de fotossíntese 277

Teorema 114, 115, 116, 117, 118, 120, 122, 125, 126, 130, 292

## U

Uso de recurso tecnológico 82

## V

Violência 2, 9, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**