

# Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias

Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora  
Ano 2019

# Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias

Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora  
Ano 2019

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

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

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

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

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

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

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

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

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

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

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

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

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

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

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

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

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

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

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

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

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

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

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

P474 Pesquisa científica e inovação tecnológica nas engenharias [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa PR: Atena Editora, 2019. – (Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias; v. 1)

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-85-7247-902-8  
 DOI 10.22533/at.ed.028200601

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.  
 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Série.

CDD 658.5

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

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 1” contempla vinte e três capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas nas diversas áreas de engenharia.

Os resultados obtidos através de pesquisas científicas trazem benefícios a sociedade e promovem inovações tecnológicas, surgindo como uma engrenagem nas engenharias.

O estudo sobre o comportamento de determinados materiais sob determinadas situações permite avaliar e otimizar seu uso, proporcionando o controle das condições ideais, bem como viabilizando a utilização de determinadas matérias primas. Por sua vez, essas matérias primas podem trazer benefícios ao meio ambiente, bem como trazer resultados econômicos satisfatórios.

A avaliação de propriedades físicas e mecânicas de materiais permite também a sua utilização em diversos segmentos da engenharia, proporcionando o desenvolvimento de novos produtos, trazendo benefícios a sociedade.

Diante do exposto, esperamos que esta obra traga ao leitor conhecimento técnico de qualidade, fazendo com que o leitor reflita sobre o uso das pesquisas científicas e as inovações tecnológicas no desenvolvimento social, e faça uso dessas ferramentas na melhoria de qualidade de vida na sociedade.

Franciele Braga Machado Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>AÇÃO CORROSIVA DE SOLOS DO SUL DO BRASIL SOBRE ESTRUTURAS METÁLICAS</b>	
Jessica Oliveira Ayres Matthews Teixeira Coutinho Devai Luciana Machado Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0282006011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
<b>ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAINÉIS AGLOMERADOS CONFECCIONADOS COM PINUS, EUCALIPTO, BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E ADESIVO POLIURETANO DERIVADO DE ÓLEO DE MAMONA</b>	
Estéfani Suana Sugahara Ana Laura Soler Cunha Buzo Raissa Pravatta Pivetta Sérgio Augusto Mello da Silva Elen Aparecida Martines Morales	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0282006012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
<b>ANÁLISE EXPERIMENTAL EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO COM LAMINADOS DE PRFC</b>	
Nara Villanova Menon Maicon de Freitas Arcine Juliana Penélope Caldeira Soares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0282006013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
<b>CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO DE FACHADA EM EDIFÍCIO LITORÂNEO COM EXPANSÃO, FISSURAÇÃO COM ESFARELAMENTO E BAIXA RESISTÊNCIA MECÂNICA: ESTUDO DE CASO</b>	
Renato Freua Sahade Fabiano Ferreira Chotoli Sérgio Soares de Lima Priscila Rodrigues Melo Leal	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0282006014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
<b>CARACTERÍSTICAS E DESEMPENHO DA VERMICULITA NA CONSTRUÇÃO</b>	
Paula Thais dos Santos Felix	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0282006015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
<b>PINUS E EUCALIPTO PARA CONSTRUÇÕES LEVES EM MADEIRA (WOODFRAME) NO BRASIL: COMPARATIVOS, POSSIBILIDADES E DESAFIOS</b>	
Mirna Mota Martins Júlia Cruz da Silva Matheus Fernandes Lima Rita Dione Araújo Cunha	

**CAPÍTULO 7 ..... 68**

**ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DO DESLIZAMENTO PINO SOBRE DISCO DO AÇO ISI 4140 X H13**

Eric Elian Lima Espíndola  
Andrey Coelho das Neves  
Beatriz Seabra Melo  
Vinicius Silva dos Reis  
Milena Cristina Melo Carvalho  
Brenda Thayssa Figueira Daniel  
Rodrigo Ribeiro Lima  
Edgar Costa Cardoso  
Aécio de Jesus Monteiro dos Santos  
Emerson Rodrigues Prazeres  
José Maria do Vale Quaresma

DOI 10.22533/at.ed.0282006017

**CAPÍTULO 8 ..... 81**

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DO TIPO COSTANEIRAS DE CORYMBIA CITRIODORA PARA APLICAÇÃO EM MÓVEIS E COMPONENTES DECORATIVOS**

Matheus Fernandes Lima  
Mirna Mota Martins  
Julia Cruz da Silva  
Sandro Fábio Cesar  
Rita Dione Araújo Cunha

DOI 10.22533/at.ed.0282006018

**CAPÍTULO 9 ..... 94**

**AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE PAINÉIS EM MADEIRA PARA REVESTIMENTO DE FACHADAS: RECOMENDAÇÕES PARA O DETALHAMENTO CONSTRUTIVO**

Mônica Duarte Aprilanti  
Simone Fernandes Tavares  
Akemi Ino

DOI 10.22533/at.ed.0282006019

**CAPÍTULO 10 ..... 108**

**COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL UTILIZANDO PLACAS DE SILICATO DE CÁLCIO DE ALTA DENSIDADE**

Lilian Cristina Ciconello  
Luciana Alves de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.02820060110

**CAPÍTULO 11 ..... 121**

**INCIDÊNCIA DE DESCOLAMENTO EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS ADERIDOS EM FACHADAS: CONTRIBUIÇÃO PARA O PROJETO E A PRODUÇÃO**

Luciana Alves de Oliveira  
Luciana Araújo Mauricio Varella  
Renato Freua Sahade

DOI 10.22533/at.ed.02820060111

**CAPÍTULO 12 ..... 133**

COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS DO *Eucalyptus urograndis*: CORPOS DE PROVA ISENTOS DE DEFEITOS X PEÇAS ESTRUTURAIS

Fabiana Yukiko Moritani  
Carlito Calil Junior

**DOI 10.22533/at.ed.02820060112**

**CAPÍTULO 13 ..... 145**

*CROSS LAMINATED TIMBER* VS CONCRETO: RESISTÊNCIA MECÂNICA A COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS E DENSIDADE

Aliane Cardoso de Almeida  
Rafaele Almeida Munis  
Jessé Salles Lara

**DOI 10.22533/at.ed.02820060113**

**CAPÍTULO 14 ..... 158**

DUREZA JANKA COMO ESTIMADOR DA DENSIDADE APARENTE E DAS RESISTÊNCIAS À FLEXÃO E COMPRESSÃO EM EUCALIPTO

Takashi Yojo  
Cassiano Oliveira de Souza  
Maria José de Andrade Casimiro Miranda  
Sergio Brazolin

**DOI 10.22533/at.ed.02820060114**

**CAPÍTULO 15 ..... 167**

ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DE NANOFIBRAS DE SÍLICA, OBTIDAS VIA SBS, E ARGILA MONTMORILONÍTICA EM POLIAMIDA 66

Edvânia Trajano Teófilo  
Gabriel Lucena de Oliveira  
Radamés da Silva Teixeira  
Cláudio Bezerra Martins Júnior  
Rosiane Maria da Costa Farias  
Aline Vasconcelos Duarte  
Ellen Cristine Lopes da Silva Bento  
Raí Batista de Sousa  
Francisco Diassis Cavalcante da Silva  
Francisca Maria Martins Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.02820060115**

**CAPÍTULO 16 ..... 178**

ESTUDO DAS FORÇAS DE CORTE NO MICROFRESAMENTO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 316L

Milla Caroline Gomes  
Márcio Bacci da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.02820060116**

**CAPÍTULO 17 ..... 185**

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE FORNO DIDÁTICO PARA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO

Carlos Eduardo Costa  
Jefferson Maiko Luiz

Ivan Rodrigues dos Santos  
Emerson da Silva Seixas  
Milton Luis Polli

**DOI 10.22533/at.ed.02820060117**

**CAPÍTULO 18 ..... 194**

QUANTIFICAÇÃO DE HIDROGÊNIO EM CORPOS DE PROVA DE UM AÇO ARBL  
PARA ENSAIOS DE PUNÇIONAMENTO ESFÉRICO

Luiz Fernando Maia de Almeida  
Rosenda Valdés Arencibia  
Sinésio Domingues Franco

**DOI 10.22533/at.ed.02820060118**

**CAPÍTULO 19 ..... 200**

METODOLOGIA PARA MONITORAMENTO DA PRÉ-TRINCA POR FADIGA NO  
ENSAIO SNTT

Guilherme Bernardes Rodrigues  
Waldek Wladimir Bose Filho  
Sinésio Domingues Franco  
Rosenda Valdés Arencibia

**DOI 10.22533/at.ed.02820060119**

**CAPÍTULO 20 ..... 206**

BIOSSORÇÃO DE METAIS PESADOS UTILIZANDO A MICROALGA *Synechococcus  
nidulans*

Juliana Silveira de Quadros  
Paulo Fernando Marques Duarte Filho  
Fernando Junges

**DOI 10.22533/at.ed.02820060120**

**CAPÍTULO 21 ..... 216**

DISTRIBUIÇÃO BIDIMENSIONAL DA PROFUNDIDADE DE MISTURA NO  
RESERVATÓRIO DE LAJEADO, TOCANTINS

Marcelo Marques  
Elaine Patricia Arantes  
Fernando Oliveira de Andrade  
Alexandre Kolodynskie Guetter  
Cristhiane Michiko Passos Okawa  
Isabela Arantes Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.02820060121**

**CAPÍTULO 22 ..... 227**

ESTUDO PROSPECTIVO E TECNOLÓGICO DA GERAÇÃO DE SYNGAS  
UTILIZANDO CATALISADORES

Munique Gonçalves Guimarães  
Grace Ferreira Ghesti  
Camila Lisdália Dantas Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.02820060122**

**CAPÍTULO 23 ..... 240**

**UTILIZAÇÃO DE PELÍCULAS COMESTÍVEIS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGOS**

Tatiane Barbosa dos Santos

Matheus Luis Ferrari

Marcio Eduardo Hintz

João Paulo Brazão Gianini

Rafael Rodrigo Bombardelli

Idiana Marina Dalastra

**DOI 10.22533/at.ed.02820060123**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 251**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 252**

## COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS DO *Eucalyptus urograndis*: CORPOS DE PROVA ISENTOS DE DEFEITOS X PEÇAS ESTRUTURAIS

Data de aceite: 25/11/2019

### Fabiana Yukiko Moritani

Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP)  
São Carlos – SP

### Carlito Calil Junior

Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP)  
São Carlos – SP

**RESUMO:** A norma brasileira ABNT NBR 7190: 1997 apresenta métodos de ensaios para caracterização de resistência da madeira a partir de corpos de prova isentos de defeitos e de pequenas dimensões, porém isso não representa peças com dimensões que são comercializadas para uso estrutural. O projeto de norma ABNT PN 02:126.10-0001-3: 2016 apresenta métodos de ensaios para caracterização de resistência de peças estruturais de madeira na incidência dos defeitos de crescimento e de secagem. O objetivo deste trabalho foi a comparação dos valores de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras da madeira de *Eucalyptus urograndis* segundo a norma brasileira ABNT NBR 7190: 1997 e o projeto de norma ABNT PN 02:126.10-0001-3: 2016. Os ensaios

de cisalhamento paralelo às fibras foram realizados no LaMEM (Laboratório de Madeira e Estruturas de Madeira), do Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), localizado na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP). Os resultados obtidos mostraram uma grande variação entre os valores de resistência ao cisalhamento para cada método de ensaio e a importância do uso da caracterização de peças estruturais para madeiras de florestas plantadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cisalhamento; Madeira de florestas plantadas; Peças estruturais; Corpos de prova isentos de defeitos.

### COMPARISON OF SHEAR STRENGTH PARALLEL TO THE GRAIN OF *Eucalyptus urograndis*: CLEAR SPECIMENS X STRUCTURAL TIMBERS

**ABSTRACT:** The Brazilian standard ABNT NBR 7190: 1997 presented methods for strength characterization of wood from small clear specimens, although this do not take account of pieces with dimensions that are commercialized for structural purpose. In the other hand, the Brazilian Standard Draft ABNT PNBR ISO 13910 – 02: 126.10-001-3: 2016 presented strength characterization methods for structural timber pieces, considering growth and drying defects. Therefore, our goal was determine the

shear parallel to the grain to *Eucalyptus urograndis* following the Brazilian standard ABNT NBR 7190: 1997 and the Brazilian Standard Draft ABNT PNBR ISO 13910 – 02: 126.10-001-3: 2016. In addition, we compared the strength values in each test methods. The tests was developed in Wood and Timber Structures Laboratory (LaMEM) at School of Engineering of São Carlos (EESC-USP). The results presented a wide variation between the shear values for each tested methods and the importance of strength characterization for timber member from planted forests.

**KEYWORDS:** Shear, wood from planted forests; structural timbers; small clear specimens.

## 1 | INTRODUÇÃO

A madeira é um material heterogêneo e existem diversas espécies com propriedades físicas e mecânicas distintas. As características da madeira são influenciadas por diversos fatores que podem se diferenciar de uma árvore para a outra mesmo que sejam de uma mesma espécie, dentre esses fatores, as condições climáticas, a umidade do solo e o tipo de manejo a ser aplicado provocam diferenças na espessura das camadas de crescimento, geometria dos anéis, nível de lenhificação das paredes dos elementos anatômicos, nodosidade e inclinação da grã (CALIL JUNIOR, LAHR e DIAS, 2003). Assim, para o melhor aproveitamento do material a ser empregado a caracterização da espécie se faz necessária, cujo procedimento e a aplicação em elementos estruturais são normalizados nos anexos da norma brasileira para Projetos de Estruturas de Madeira ABNT NBR 7190: 1997.

Atualmente, a norma brasileira ABNT NBR 7190: 1997 apresenta procedimentos de ensaio para a caracterização de espécies de madeira para corpos de prova de pequenas dimensões e isentos de defeitos. Porém, as peças de madeira que são comercializadas para uso em elementos estruturais apresentam imperfeições e características próprias do crescimento da madeira. Dessa forma, a comissão técnica responsável pela proposição e revisão da norma de estruturas de madeira da Associação Brasileira de Normas Técnicas tem realizado diversos estudos dos procedimentos de ensaios apresentados por normas internacionais e estrangeiras para definir modelos mais representativos das propriedades mecânicas da madeira (MATOS e MOLINA, 2016).

Diversos trabalhos identificaram o problema que surge no corpo de prova isento de defeitos, proposto pelas normas brasileira ABNT NBR 7090: 1997 e a ASTM D143-09, devido a assimetria e o surgimento de excentricidade causando concentrações de tensões. Pela análise numérica do corpo de prova isento de defeitos apresentada por Santos Neto (1998), verificou-se que a distribuição de tensões de cisalhamento ao longo da seção crítica não é constante, e que a tensão máxima não ocorre na

seção crítica onde foi induzida a ruptura, e sim, em um plano à direita dessa seção. Foram observados ainda, concentrações de tensões normais na região do apoio e do carregamento, como esperado, porém surgiram também tensões normais significativas de tração na região superior e de compressão na região inferior por apresentar excentricidade do carregamento. Dessa forma, esperava-se que a ruptura ocorresse pela combinação de efeitos gerados pelas tensões de cisalhamento e tensões normais de tração.

Já o procedimento de ensaio para peças estruturais, segundo o projeto de norma ABNT PN 02:126.10-0001-3: 2016 e a norma internacional ISO 13910: 2005, a determinação da resistência ao cisalhamento é realizada pelo ensaio de flexão de uma viga biapoiada e uma carga concentrada no meio do vão, com modos de ruptura dada por tensões normais e tensões de cisalhamento.

Santos (2016) realizou a comparação entre os diferentes métodos de ensaios para a determinação da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras, dentre eles a norma brasileira ABNT NBR 7190: 1997, a norma internacional ISO 13910: 2005 e EUROCODE EN 408: 2010. Ainda de acordo com o mesmo autor, foi possível realizar somente os ensaios da norma brasileira ABNT NBR 7190: 1997 e da norma internacional ISO 13910: 2005. Houve dificuldade na colagem dos corpos de prova seguindo a EUROCODE EN 408: 2010, não sendo possível concluir este ensaio. De acordo com os resultados obtidos, os corpos de prova que seguiram a norma brasileira apresentaram resultados duas vezes superiores em relação aos corpos de prova ensaiados pela norma internacional.

Dentre outros trabalhos relacionados a determinação da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras podem ser citados: Hara et al. (2014), Gupta e Sinha (2012), Brand et al. (2004), Sretenovic et al. (2004), Yoshihara e Furushima (2003), Liu (1983) Bodig e Jayne (1982).

O objetivo deste estudo foi a comparação dos resultados obtidos por dois métodos de ensaio para a determinação da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras nas peças de madeira e avaliar a representatividade em elementos estruturais nas três classes visuais de resistência. O primeiro método é proposto pela norma brasileira ABNT NBR 7190: 1997 que são para corpos de prova de pequenas dimensões e isentos de defeitos. O segundo método é proposto pelo projeto de norma ABNT PN 02:126.10-0001-3: 2016 para peças dimensões comerciais de uso estrutural.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para determinar as classes de resistência para o *Eucalyptus urograndis*, foi

realizada a classificação visual e mecânica das peças estruturais. A classificação visual das peças estruturais de *Eucalyptus urograndis* foi realizada com base na revisão da norma argentina IRAM 9662-2: 2013, Parte 2: Tablas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*). Para isso, foram realizadas medições dos defeitos decorrentes dos processos de secagem, de crescimento da árvore e do processamento industrial da peça, sendo eles: fissuras passantes, fissuras não passantes, encurvamento, arqueamento, torcimento, encanoamento e esmoado.

Na classificação mecânica foi realizado o ensaio de vibração transversal utilizando o modelo 340 da Metrigrard para a medição da frequência natural e o peso, e então obter o módulo de elasticidade dinâmico de cada peça.

O ensaio de cisalhamento paralelo às fibras para peças estruturais seguiu o projeto da norma ABNT PN ISO 13910 - 02:126.10-0001-3 (2016) e para cisalhamento puro com corpos de prova de pequenas dimensões e isentos de defeitos seguiu a norma brasileira ABNT NBR 7190: 1997.

Foram extraídos 47 corpos de prova para o ensaio em peças estruturais e o esquema do ensaio de cisalhamento paralelo às fibras é mostrado nas Figuras 1 e 2. Os corpos de prova foram solicitados a flexão, com dois pontos de apoios e a carga aplicada no meio do vão, na qual foi aumentada até a ruptura do corpo de prova. Nos pontos de apoio e da carga aplicada foram utilizadas placas de aço de 90 mm de comprimento.

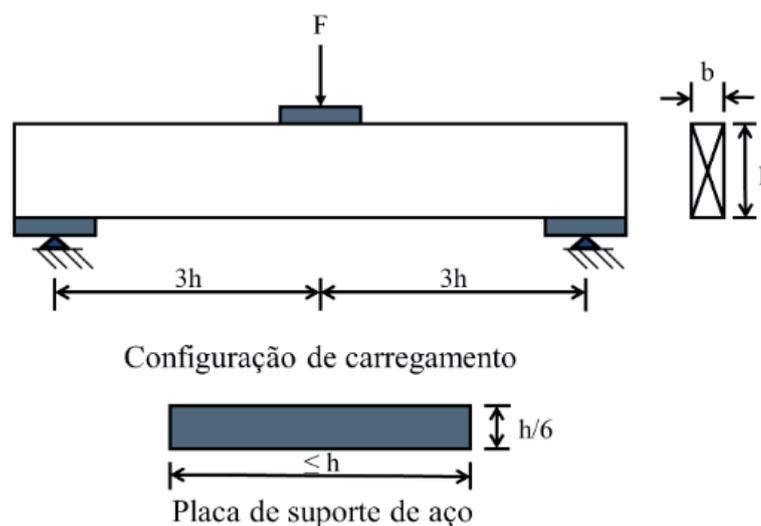


Figura 1 - Esquema de ensaio para medir a resistência ao cisalhamento paralelo às fibras segundo a ABNT PN ISO 13910 - 02:126.10-001-3 (2016)

Fonte: Adaptado ABNT PN ISO 13910 - 02:126.10-0001-3 (2016).



Figura 2 - Ensaio de cisalhamento paralelo às fibras segundo a norma ABNT PN ISO 13910 - 02:126.10-0001-3 (2016)

Fonte: Autoria própria.

De acordo com o projeto de norma ABNT PN ISO 13910 - 02:126.10-0001-3 (2016), alguns modos de ruptura podem não apresentar o de cisalhamento por exemplo, a flexão ou a compressão normal às fibras. Porém, todos os resultados foram anotados e utilizados para avaliar a resistência ao cisalhamento. A Equação (1) resultou no valor nominal da resistência ao cisalhamento, com a normalização da capacidade do corpo de prova.

$$f_v = \frac{0,75 \cdot F_{ult}}{b \cdot h} \quad (1)$$

Sendo,  $f_v$  (MPa): resistência ao cisalhamento paralela às fibras,  $F_{ult}$  (N): carga última de ruptura,  $h$  (m): altura da seção transversal e  $b$  (m): base da seção transversal.

Para a determinação dos valores característicos de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras para cada classe visual de resistência foi utilizado o método que consta no item 9.2.2 do projeto de norma brasileira ABNT PN ISO 13910 - 02:126.10-0001-3 (2016).

Foram extraídos 76 corpos de prova de pequenas dimensões e isentos de defeitos para o ensaio de cisalhamento paralelo às fibras seguindo a norma brasileira ABNT NBR 7190. O esquema do corpo de prova e do ensaio são representados nas Figuras 3 e 4. A carga aplicada foi solicitada na área resistente ao cisalhamento e aumentada até a ruptura do corpo de prova.

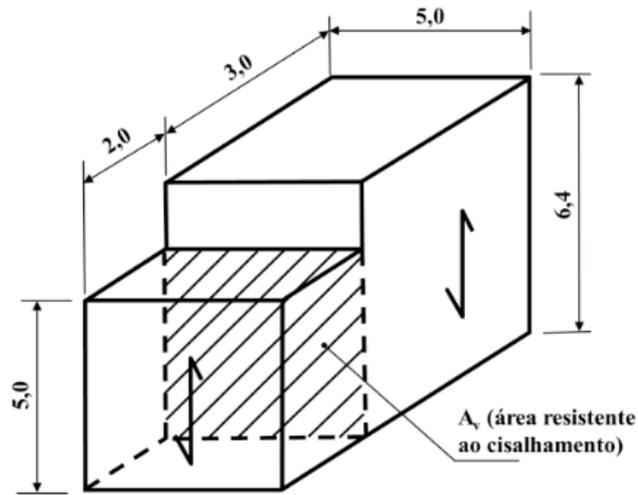


Figura 3 – Corpo de prova do ensaio ao cisalhamento paralelo às fibras segundo a norma ABNT NBR 7190:1997

Fonte: ABNT NBR 7190: 1997



Figura 4 - Ensaio de cisalhamento paralelo às fibras segundo a norma ABNT NBR 7190: 1997

Fonte: Autoria própria.

Segundo a norma ABNT NBR 7190: 1997, a resistência ao cisalhamento paralelo às fibras ( $f_{wv0}$  e  $f_{v0}$ ) foi dada pela máxima tensão de cisalhamento que pode atuar na seção crítica de um corpo de prova, e foi calculada pela Equação (2):

$$f_{v0} = \frac{F_{v0,m\acute{a}x}}{A_{v0}} \quad (2)$$

Sendo,  $f_{v0}$  (MPa): resistência ao cisalhamento paralelo às fibras,  $F_{v0,m\acute{a}x}$  (N): máxima força cisalhante aplicada ao corpo de prova,  $A_{v0}$  (m<sup>2</sup>): área inicial da seção crítica, em um plano paralelo às fibras.

O valor característico da resistência, segundo a norma brasileira ABNT NBR

7190: 1997, foi determinada pela Equação (3):

$$f_{wk} = \left( 2 \cdot \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{\frac{n}{2}-1}}{\frac{n}{2} - 1} - f_{\frac{n}{2}} \right) \cdot 1,1 \quad (3)$$

Sendo  $f_{wk}$  (MPa): valor característico de resistência,  $f_1, f_2, \dots, f_n$  (MPa): resistência ao cisalhamento de cada corpo de prova ensaiado,  $n$ : número de corpos de prova. Os valores das resistências ao cisalhamento obtidos pelo ensaio foram colocados em ordem crescente  $f_1 \leq f_2 \leq \dots \leq f_n$ . Desprezando o valor mais alto se o número de corpos de prova for ímpar e não tomando o valor  $f_{wk}$  inferior a  $f_1$ , nem a 0,70 do valor médio.

Todos ensaios foram realizados no Laboratório de Madeira e Estruturas de Madeira do Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), localizado na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os resultados da classificação visual e mecânica, o lote de *Eucalyptus urograndis* foi separado em três classes visuais de resistência (Classe 1, Classe 2 e Classe 3). A estatística descritiva dos resultados do ensaio de cisalhamento paralelo às fibras segundo as duas normas propostas do lote ensaiado é apresentada na Tabela 1 e a estatística descritiva dos corpos de prova para cada classe visual de resistência é apresentada na Tabela 2.

Parâmetros	Peças estruturais	Isentos de defeitos
Média (MPa)	5,16	11,92
Desvio padrão (MPa)	1,30	2,38
Coefficiente de variação (%)	25,22%	19,99%
Valor máximo (MPa)	8,44	16,24
Valor mínimo (MPa)	2,70	4,15
Nº de CP	47	74

Tabela 1 - Estatística descritiva da resistência ao cisalhamento não considerando a classificação visual

Parâmetros	Peças estruturais			Isentos de defeitos		
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Média (MPa)	6,05	5,72	4,61	13,99	12,19	11,40
Desvio padrão (MPa)	1,39	1,32	1,03	1,57	1,55	2,63
Coefficiente de variação (%)	22,90%	23,14%	22,35%	11,20%	12,75%	23,11%
Valor máximo (MPa)	7,34	8,44	6,40	16,24	15,05	16,06
Valor mínimo (MPa)	3,91	3,09	2,70	12,33	9,62	4,15
Nº de CP	5	17	25	8	22	44
Valor característico (MPa)	2,40	2,58	2,36	13,02	11,52	10,05

Tabela 2 – Estatística descritiva da resistência ao cisalhamento para cada classe visual de resistência

Pode-se observar a variabilidade dos resultados de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras pelo valor do coeficiente de variação calculado. Para os ensaios em corpos de prova para peças estruturais obteve-se o coeficiente de variação igual a 25,22%, no qual é maior do que o coeficiente de variação encontrado para os corpos de prova isentos de defeitos e de pequenas dimensões, que foi igual a 19,99%.

Os resultados expressados na Tabela 1 indicam uma grande diferença entre os valores máximos e mínimos. Dentre os valores de resistência para corpos de prova isentos de defeitos, o maior valor (16,24 MPa) corresponde a Classe 1 e o menor valor (4,15 MPa), a Classe 3, o que foi o esperado. Porém para os corpos de prova de peças estruturais o mesmo não ocorreu, o maior valor (8,44 MPa) corresponde a Classe 2, enquanto que o menor valor (2,70 MPa) pertence a Classe 3.

A comparação entre as resistências ao cisalhamento paralelo às fibras de acordo com cada norma, e para cada classe visual de resistência, é apresentada pelos gráficos Boxplot da Figura 5. Os números 1, 2 e 3, representam os corpos de prova das peças estruturais da Classe 1, Classe 2 e Classe 3, respectivamente, enquanto que para os corpos de prova isentos de defeitos a Classe 1, Classe 2 e Classe 3 são representados pelos números 4, 5 e 6, respectivamente.

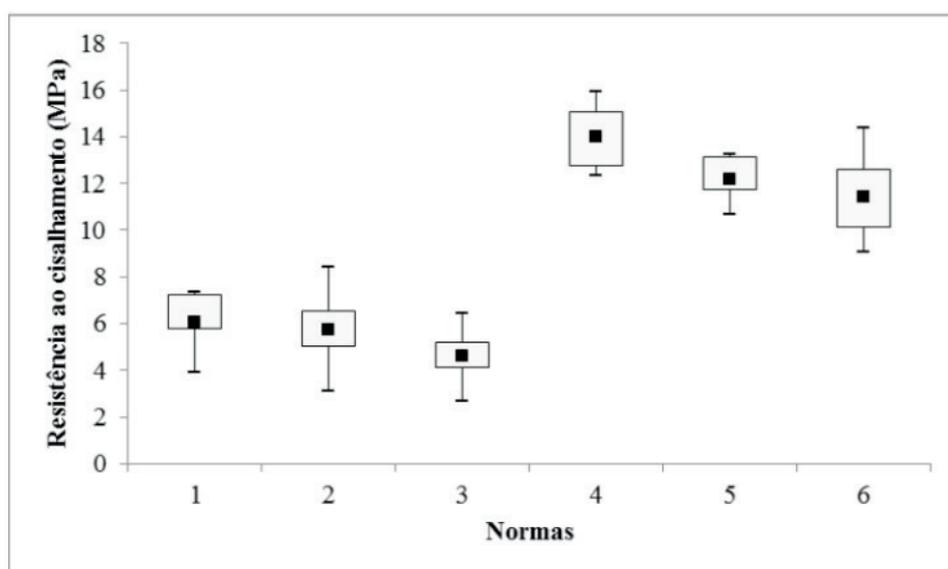


Figura 5 - Boxplot para análise das resistências ao cisalhamento paralela às fibras para cada norma e três classes visuais de resistência

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 6 é apresentada a comparação entre as resistências ao cisalhamento paralelo às fibras do lote de acordo com cada norma. O número 1 representa o grupo de corpos de prova ensaiados pelo projeto de norma brasileira ABNT PN ISO 13910 - 02:126.10-0001-3 (2016), e o número 2 representa o grupo de corpos de prova ensaiados pela norma brasileira ABNT NBR 7190: 1997.

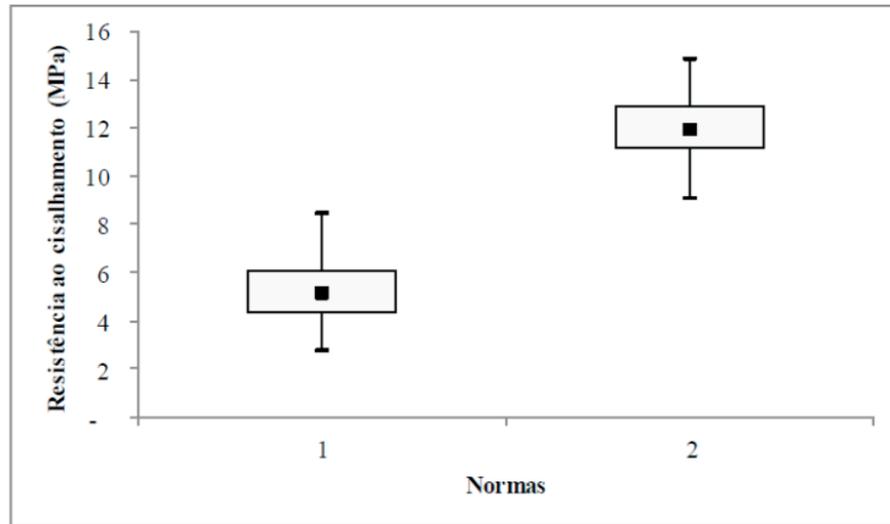


Figura 6 - Boxplot para a análise da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras para cada norma

Fonte: Autoria própria.

Pelos gráficos Boxplot da Figura 5, é possível analisar a distribuição dos resultados obtidos para a resistência ao cisalhamento. De modo geral, a dispersão dos dados não foi uniforme para as três classes visuais de resistência em ambos os métodos de ensaio. Ao contrário do que se pode observar na Figura 6, a distribuição dos dados para ambos os métodos de ensaio, considerando o lote inteiro de corpos de prova, é uniforme.

O número de ocorrências de ruptura por tensões normais na flexão e por tensões de cisalhamento foram quantificados e apresentados na Tabela 3. Nas Figuras 7 e 8 são ilustrados a ruptura por cisalhamento e flexão, respectivamente. A Figura 9, apresenta a ruptura por cisalhamento puro.

Modo de ruptura	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Total	%
Cisalhamento	2	7	12	21	45%
Flexão	3	10	13	26	55%

Tabela 3 - Modos de ruptura dos corpos de provas para peças estruturais



Figura 7 - Ruptura por cisalhamento

Fonte: Autoria própria.



Figura 8 - Ruptura por flexão

Fonte: Autoria própria.



Figura 9 - Ruptura por cisalhamento puro

Fonte: Autoria própria.

Entre os corpos de prova de peças estruturais, a ruptura ocorreu de dois modos: por tensões normais de tração na flexão no meio do vão e nas fibras inferiores, e por tensões de cisalhamento na flexão ao longo do comprimento da peça, criando um corte próximo a linha neutra da seção. Como observado na Tabela 3, houve maior ocorrência de ruptura por tensões normais de tração pela flexão, porém todos os valores de força última obtidos no ensaio foram considerados para o cálculo da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras. Para os corpos de prova de pequenas dimensões e isentos de defeitos, as rupturas ocorreram na seção crítica de cisalhamento ou próxima a ela deslocada à direita, como mostrada na Figura 9.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras com corpos de prova isentos de defeitos mostraram valores superiores aos resultados com corpos

de prova de peças estruturais, com uma diferença de 56,71%. Essa diferença já foi confirmada em trabalhos anteriores.

De acordo com os resultados para cada classe visual de resistência, nenhum dos dois métodos analisados apresentaram boa distribuição dos seus dados, indicando que a influência das características visuais de cada peça de *Eucalyptus urograndis* não foi significativa para a determinação da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras do lote analisado.

O modo de ruptura apresentado pelos corpos de prova isentos de defeitos e de pequenas dimensões se deu por cisalhamento puro, cujo valor da resistência ao cisalhamento foi elevado em relação aos corpos de prova de peças estruturais, em que a ruptura se deu por cisalhamento ou por tração na flexão.

É possível verificar que pela norma europeia EN 338: 2014 a resistência ao cisalhamento para as classes de resistência do *Eucalyptus urograndis* é de 4 N/mm<sup>2</sup> e pela norma internacional ISO 16598: 2014, esse valor varia entre 3 e 4,5 MPa.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira (LaMEM) do Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190/97**: projeto de estruturas de madeira, 1997.

\_\_\_\_\_. **ABNT PN ISO 13910 - 02:126.10-0001-3**: Ensaio de caracterização de peças estruturais de madeira. Rio de Janeiro: 2016 (Aprovada).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS **ASTM D143-09**: Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. West Conshohocken, PA, 2009.

BODIG, J.; JAYNE, B. A. **Mechanics of wood and wood composites**. Florida: Krieger Publishing Company, 1982.

BRAND, *et al.* Ensaio Experimental de Espécies do Gênero Pinus – Avaliação das Propriedades Mecânicas da Madeira. In: **III Encontro de Ciência e Tecnologia**. Lages: Universidade do Planalto Catarinense, 2004.

CALIL JUNIOR, C. C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de elementos estruturais de madeira**. Barueri: Manole, 2003.

EUROPEAN STANDARD **EN338**: (Draft). Structural timber – Strength classes. Brussels, 2012.

\_\_\_\_\_. **EN408**: Structural timber and glued laminated timber: Determination of some physical and

mechanical properties. Brussels, 2010.

GUPTA, R.; SINHA, A. Effect of grain angle on shear strength of Douglas-fir wood. **Holzforschung**, v. 66, p. 655–658, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION **DIS/ISO 13910**: Timber structures – Structural classification for sawn timber (Draft). Switzerland, 2014.

\_\_\_\_\_. **ISO 13910**: Structural timber – Characteristic values of strength-graded timber – Sampling full-size testing and evaluation. Switzerland, 2005.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. **IRAM 9662-2**: Madera laminada encolada estructural: Clasificación visual de las tablas por resistência: Parte 2 - Tablas de eucalipto grandis (*Eucalyptus grandis*). Buenos Aires, 2013.

LIU, J. Y. New shear strength test for solid wood. **Wood and Fiber Science**. v.16. n.4. p 567-574, 1983.

HARA, M. M. et al. Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras de madeira mediante esforços induzidos por punçionamento, **Revista Engenharia e Construção Civil**, v. 1, n. 2, p. 40-54, jul./dez, 2014.

MATOS, G. S.; MOLINA, J. C. Resistência da madeira ao cisalhamento paralelo às fibras segundo as normas ABNT NBR 7190: 1997 e ISO 13910: 2005. **Revista Matéria**, v. 21, n. 4, p 1069-1079, 2016.

SANTOS, C. V. F. **Método de ensaio para a determinação da resistência ao cisalhamento em elementos estruturais de madeira de Pinus spp.** 2016. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

SANTOS NETO, A. B. S. **Proposta de ensaio de cisalhamento paralelo às fibras.** São Carlos, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

SRETENOVIC, A. *et al.* New shear assay for the simultaneous determination of shear strength and shear modulus in solid wood: finite element modeling and experimental results. **Wood and Fiber Science**. v.36. n.3. p 302-310, 2004.

YOSHIHARA, H. FURUSHIMA, T. Shear strengths of wood measured by various short beam shear test methods. **Wood Science and Technology**. v. 37. p. 189-197, 2003.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Franciele Braga Machado Tullio** - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço inoxidável 178, 181  
Aproveitamento de costaneira 81  
Argamassa de revestimento 35, 36, 42, 44, 45  
Argila montmorilonítica 167, 168

### C

Carga normal 68, 71, 73, 74, 75, 77, 78, 79  
Cisalhamento 21, 23, 24, 27, 31, 32, 33, 34, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 203, 217  
CLT 97, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157  
Coeficiente de atrito 68, 71, 73, 74, 79  
Comparação 7, 13, 14, 23, 40, 56, 57, 58, 61, 63, 73, 75, 77, 78, 79, 86, 133, 135, 140, 145, 206, 209, 244, 245, 247  
Compartimentação horizontal 108, 110, 111, 118  
Compressão 24, 25, 28, 29, 33, 48, 114, 115, 135, 137, 145, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 166, 201  
Concreto 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 61, 97, 117, 118, 123, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 190  
Concreto armado 21, 22, 23, 33, 34, 37, 123, 148, 156, 157  
Conforto acústico 45  
Conforto térmico 45, 47, 50, 53, 122  
Construção civil 12, 18, 22, 23, 36, 44, 45, 49, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 59, 65, 96, 97, 98, 108, 110, 128, 132, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 156, 187  
Construções leves 55, 56, 60, 61, 65, 66  
Corrosão 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 23, 112, 113, 181, 195  
Corymbia citriodora 81, 82, 83, 84, 85, 92, 93  
Cura 15, 22, 35, 43, 44, 145, 152, 156

### D

Densidade 5, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 47, 51, 63, 108, 110, 111, 113, 114, 115, 145, 149, 150, 151, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 187, 190, 191, 207  
Descolamento 31, 32, 33, 38, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132  
Desgaste deslizante 68, 76  
Detalhe construtivo 94  
Durabilidade 36, 50, 56, 57, 64, 94, 96, 97, 98, 99, 103, 106, 107, 115, 122  
Dureza Janka 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166

### E

Eletroquímica 1, 2, 196, 197  
Ensaio de caracterização 35, 39, 40, 42

Escória 35, 41, 43, 44, 188

Eucalipto 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 82, 93, 101, 136, 144, 148, 158, 159, 160, 161

## F

Fachadas de edifícios 121, 123, 132

Fachadas em madeira 94, 95, 96, 100

Fiação por sopro em solução 167, 168, 169, 170, 171, 176

Flexão 10, 13, 17, 21, 24, 31, 32, 114, 135, 136, 137, 141, 142, 143, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 201

Forças de corte 178, 179, 180, 181, 183

Forno didático 185, 191, 192

## M

Madeira 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 107, 119, 129, 133, 134, 135, 139, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 156, 157, 158, 159, 160, 163, 164, 165, 166

Manifestação patológica 35

Materiais alternativos 19, 45, 47

Materiais compósitos de PRFC 21

Metal 1, 2, 5, 6, 178, 180, 181, 182, 206, 207, 210, 212, 213, 214, 215, 229

Microfresamento 178, 180, 181, 183

Microusinagem 178, 179, 180, 181

## N

Nanofibras de sílica 167, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177

## P

Painéis de madeira 11, 18, 19, 20, 81, 83, 97, 157

Parede corta-fogo 108, 119

Patologia 121, 123

Pinus 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 101, 143, 144, 145, 151

Poliamida 66 167, 168, 170, 173, 174, 175

Prática acadêmica 185

Processo de fundição 185

Projeto de revestimento 121

Proteção contra incêndio 108

## R

Reforço estrutural 21, 22, 25

Resíduo de madeira 81, 92

Revestimento cerâmico 121, 122, 126, 128, 130, 132

Revestimento em madeira 94

## S

Sistema construtivo em placas de silicato de cálcio 108

Solo 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 65, 100, 134, 231

## T

Tecnologia de vedações verticais leves 108

Tubulação 1

## V

Vermiculita 45, 47, 49, 50, 51, 52, 53

Vigas 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 37, 114, 123

## W

Wood frame 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

