

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^a 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^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a 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^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a 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
 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

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

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

Data de aceite: 25/11/2019

Takashi Yojo

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Laboratório de Árvores, Madeiras e Móveis
São Paulo - SP

Cassiano Oliveira de Souza

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Laboratório de Árvores, Madeiras e Móveis
São Paulo - SP

Maria José de Andrade Casimiro Miranda

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Laboratório de Árvores, Madeiras e Móveis
São Paulo - SP

Sergio Brazolin

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Laboratório de Árvores, Madeiras e Móveis
São Paulo - SP

RESUMO: Amadeira de eucalipto é amplamente utilizada; contudo, o material apresenta grande heterogeneidade de características físico-mecânicas entre espécies desse gênero, e a dificuldade na realização da identificação anatômica leva a busca de alternativas de diferenciação. A dureza Janka, considerada

um ensaio não destrutivo, pode permitir esta seleção desde que seja um bom estimador de propriedades físicas e mecânicas. Neste trabalho foram analisados os dados de 43 toras de eucalipto, utilizando-se uma função exponencial (linearizada através do logaritmo natural) para as variáveis de dureza Janka e variáveis dependentes. Na análise de correlação e regressão, observou-se que as dispersões aumentam com a dureza Janka, porém na escala logarítmica essas dispersões se mantêm constantes. Os resultados das análises de regressão demonstraram que existe uma correlação das propriedades densidade aparente a 15% de teor de umidade, resistências à flexão e compressão no estado verde com a dureza Janka na madeira verde. As curvas de regressão apresentaram coeficientes de determinação entre 0,80 e 0,84, com dispersões entre 6 e 10%. Conclui-se que a propriedade dureza Janka pode ser utilizada como estimador da densidade e resistências à flexão e compressão.

PALAVRAS-CHAVE: dureza Janka, densidade, compressão, flexão, eucalipto.

EVALUATION OF DENSITY, COMPRESSION AND FLEXURE STRENGTH BASED ON JANKA HARDNESS TEST OF EUCALIPTUS

ABSTRACT: Eucalyptus presents heterogeneity

of physical-mechanical characteristics and has difficulty anatomical identification. This paper analyses the viability of Janka hardness (considered a non-destructive test) as an estimator of density, compression strength and modulus of rupture. The 43 eucalyptus logs were analyzed using an exponential function (linearized through the natural logarithm) for Janka hardness and dependent variables. It was observed that the dispersions around the regression curves increase, but on the transformed scale these dispersions are constant. The regression analysis results showed that there is a correlation of apparent density at 15% of moisture content, flexural strength and green state compression with the Janka hardness on green wood. Eucalyptus presented regression curve with a coefficient of determination between 0.80 and 0.84, with dispersion between 6% and 10%. It was concluded that the Janka hardness property can be used as density estimator and resistance to flexion and compression.

KEYWORDS: Janka hardness, density, compression, flexure, eucalyptus.

1 | INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro representa um importante segmento econômico para o Brasil, sendo responsável atualmente por 6% do PIB (Produto Interno Bruto) Industrial, segundo dados do IBÁ (2017). Neste contexto, a madeira de eucalipto é a referência de produção de florestas plantadas. De acordo com FAO (2015), a área plantada de eucalipto em 2012 correspondia a mais de 5,1 milhões de hectares, ou 71,0% do total de florestas plantadas no Brasil.

O eucalipto pertence ao gênero *Eucalyptus*, que reúne mais de 600 diferentes espécies. Várias destas espécies apresentam as mesmas características da anatomia do lenho, inviabilizando a identificação botânica por processo macroscópico. O próprio processo microscópico restringe-se a identificação de poucas espécies de eucalipto. Isto sem falar que este processo necessita recolher amostras em campo e encaminhá-las ao laboratório para análise, o que reduz a agilidade do processo de identificação.

O risco de não se realizar a separação adequada das espécies é de se ter em um mesmo grupo madeiras com diferentes características físico-mecânicas (por exemplo, densidades variando entre 600 e 1100 kg/m³, resistência à flexão (no estado verde) entre 60 e 150 MPa e resistência à compressão axial (no estado verde) entre 25 e 75 MPa), comprometendo a confiabilidade dos resultados do lote.

Faz-se necessário o uso de um processo ágil, não destrutivo e que possa ser aplicado em campo para seleção de madeiras. O ensaio de determinação da dureza Janka, pode ser considerado como um ensaio não destrutivo, uma vez que a esfera utilizada no ensaio apresenta dimensões diminutas (1 cm² de área projetada) e o dano gerado nas peças de madeira é desprezível. Assim, o presente trabalho

apresenta as relações entre a densidade, as resistências à flexão e compressão axial em função da dureza Janka considerando a madeira no estado verde, com o objetivo de evidenciar esta característica como critério de seleção de madeiras de eucalipto.

2 | REVISÃO DA LITERATURA

Na literatura encontram-se diversos trabalhos que relacionam as propriedades mecânicas como flexão e compressão com a densidade da madeira de folhosas e coníferas. USDA (2010) apresenta diversas relações, por exemplo, a resistência à compressão e o módulo de elasticidade média com a densidade da madeira a 12% de teor de umidade ou na condição verde.

Ainda, segundo USDA (2010), o peso específico da substância que compõe a madeira é da ordem de 1,5 (1500 kg/m³) independente da espécie. O fato de madeira poder apresentar peso específico inferior à água significa que apresenta espaços vazios, ou seja, os lumens das células. A variação no tamanho dos elementos anatômicos, lumens e espessura das paredes das células da madeira resultam em maior ou menor peso específico. Por isso, essa varável é um excelente indicador das propriedades mecânicas, desde que a grã seja reta e livre de defeitos. Ressalta, no entanto, que o peso específico sofre influência das gomas, resinas e extrativos que pouco afetam as propriedades mecânicas.

Entretanto, com relação à dureza Janka, não foram encontrados estudos técnicos e científicos que a relacionam com as propriedades físicas, mecânicas e anatômicas das espécies de eucalipto.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os resultados dos ensaios físicos e mecânicos utilizados foram obtidos da publicação Boletim N° 31 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, sendo que os ensaios foram realizados segundo a norma brasileira NBR 6230:1985.

A equação de regressão adotada para relacionar a densidade e as resistências à flexão e à compressão com a dureza Janka foi:

$$y = ax^b \tag{1}$$

Linearizada com o seu logaritmo, resultando em:

$$y' = \ln(y) = \ln(a) + b * \ln(x) = a' + bx' \tag{2}$$

onde:

a e b são as constantes da curva;

a' é o ln da constante ;

x é a variável independente dureza Janka;

x' é o ln da dureza Janka;

y são as variáveis dependentes (densidade; resistência à flexão e à compressão);

y' é o ln da variável dependente .

Para a análise das equações e dos coeficientes a e b foram determinados:

- R^2 – coeficiente de determinação;
- S_R = desvio padrão residual em relação às variáveis linearizadas x' e y' ;
- Limites superior e inferior da região de previsão da variável, com 95% de intervalo de confiança;
- Intervalo de confiança de 95% para as constantes a e b .

Foram utilizadas 43 toras de eucalipto, das espécies apresentadas na Tabela 1, podendo ter mais de uma tora por espécie.

Espécie	Espécie
Eucalyptus acmenioides	Eucalyptus oranensis
Eucalyptus alba	Eucalyptus paniculata
Eucalyptus bosistoana	Eucalyptus paulistana
Eucalyptus botryoides	Eucalyptus pilularis
Eucalyptus capitellata	Eucalyptus polianthemus
Eucalyptus cinerea	Eucalyptus propinqua
Eucalyptus citriodora	Eucalyptus punctata
Eucalyptus corymbosa	Eucalyptus regnans
Eucalyptus corynocalyx	Eucalyptus resinifera
Eucalyptus exserta	Eucalyptus robusta
Eucalyptus globulus	Eucalyptus rostrata
Eucalyptus gonicalyx	Eucalyptus saligna
Eucalyptus kirtoniana	Eucalyptus stuartiana
Eucalyptus longifolia	Eucalyptus tereticornis
Eucalyptus maculata	Eucalyptus trauti
Eucalyptus maideni	Eucalyptus umbra
Eucalyptus microcorys	Eucalyptus viminalis
Eucalyptus microphylla	-

Tabela 1 – Relação de espécies de eucalipto utilizadas no estudo.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações entre a densidade aparente a 15% de teor de umidade e a dureza Janka no estado verde são apresentadas nos Gráficos 1a e 1b, respectivamente, para as variáveis em escalas reais e transformadas.

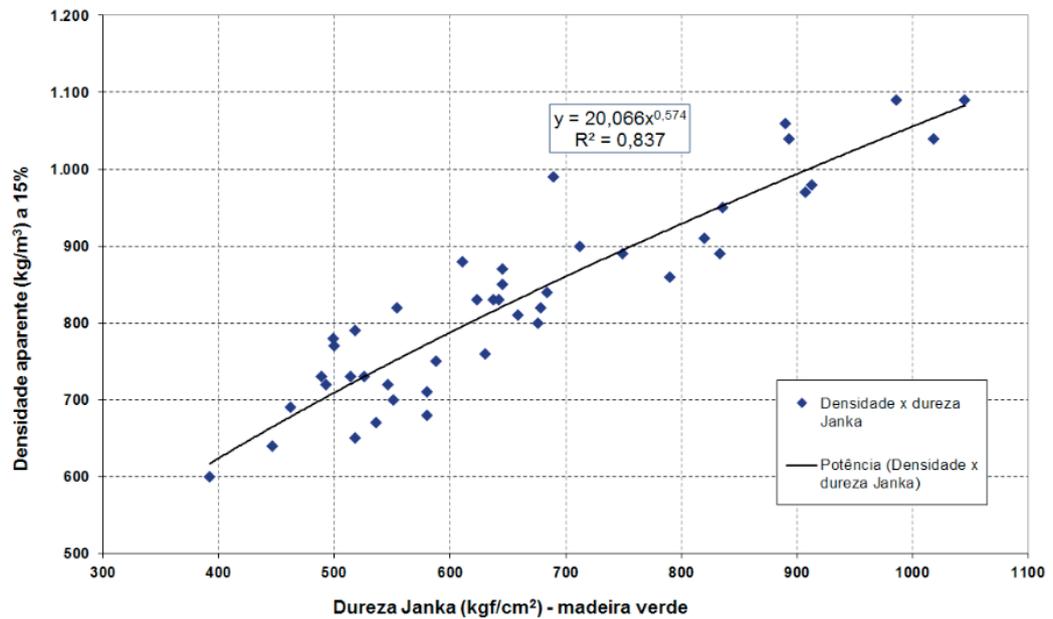


Gráfico 1a – Relação entre densidade aparente a 15% de teor de umidade em função da dureza Janka verde.

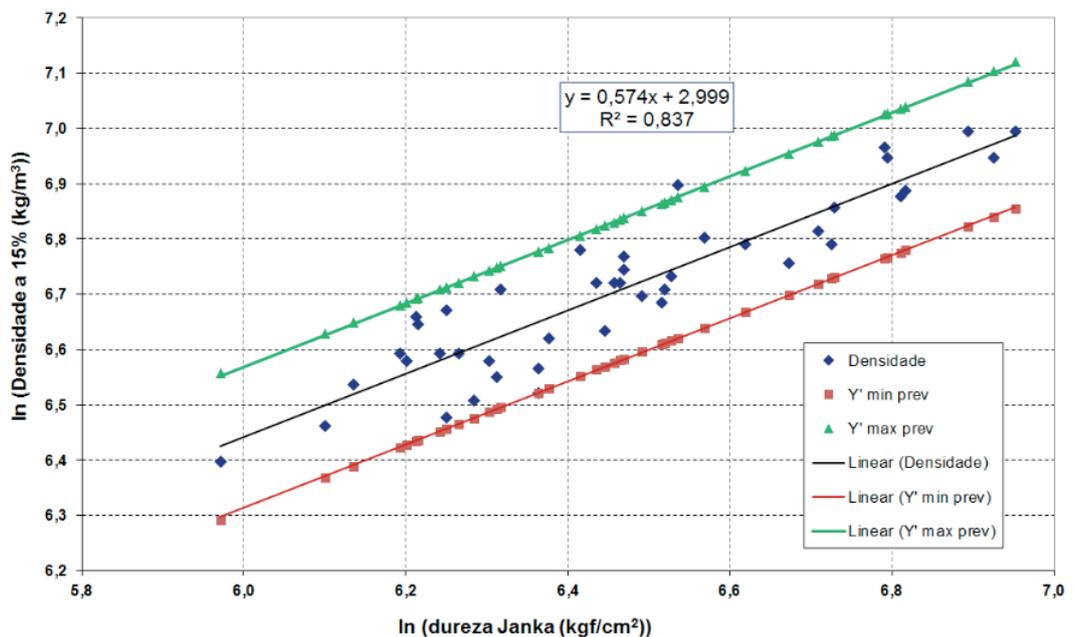


Gráfico 1b – Densidade aparente a 15% de teor de umidade em função da dureza Janka verde na escala logarítmica. Pode-se observar o limite superior e inferior para previsão da densidade.

A equação de correlação obtida para densidade foi:

$$D_{15} = 20,0662 * f_D^{0,5737} \quad (3a)$$

$$\ln(D_{15}) = 0,5737 * f_D + 2,999 \quad (3b)$$

onde:

D_{15} = Densidade aparente a 15% de teor de umidade (kg/m^3).

R^2 = Coeficiente de determinação (0,8369).

S_R = desvio padrão residual em relação à densidade (0,0620);

Coeficiente $\alpha = 20,0662$;

Intervalo de confiança do coeficiente $\alpha = (11,9458 \text{ a } 33,7067)$;

Coeficiente $b = 0,5737$;

Intervalo de confiança do coeficiente $b = (0,4935 \text{ a } 0,6538)$.

As relações entre a resistência da madeira à flexão no estado verde e a dureza Janka no estado verde são apresentadas nos Gráficos 2a e 2b, respectivamente, para as variáveis em escalas reais e transformadas.

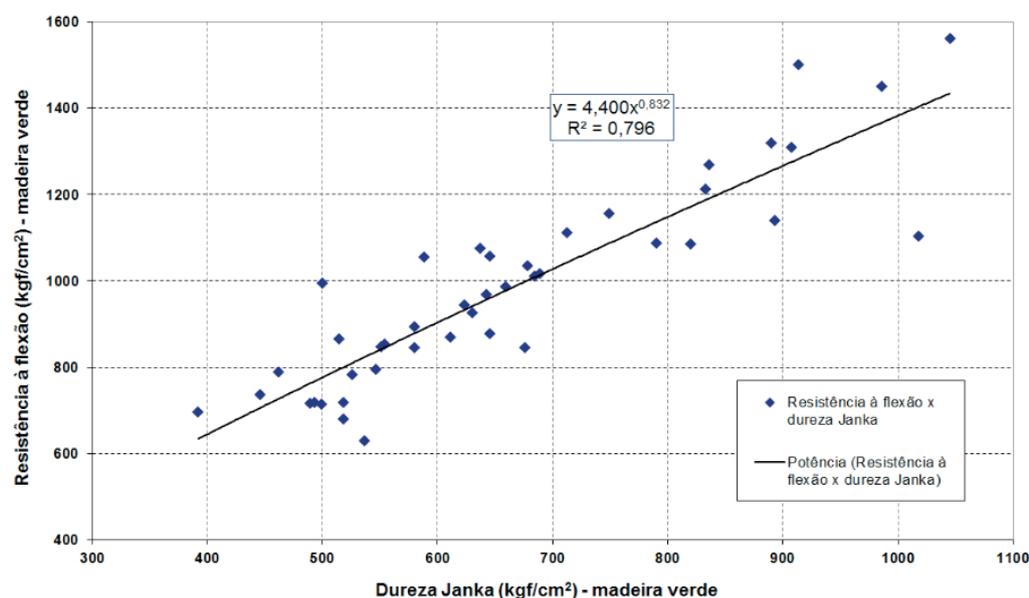


Gráfico 2a – Relação entre resistência à flexão no estado verde em função da dureza Janka verde.

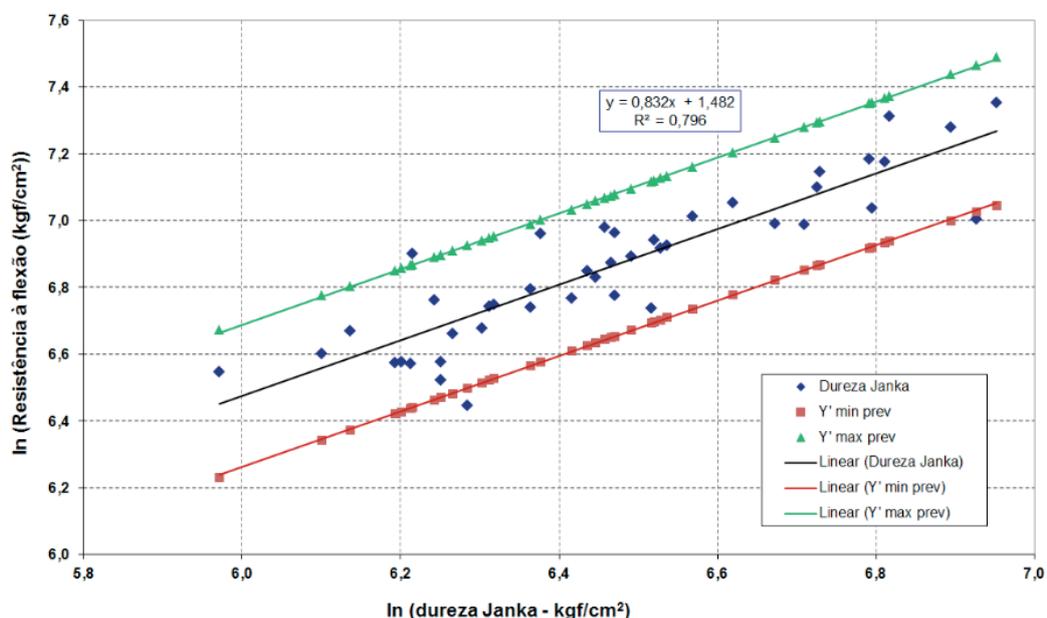


Gráfico 2b – Resistência à flexão em função da dureza Janka verde na escala logarítmica. Pode-se observar o limite superior e inferior para previsão da resistência.

A equação de correlação obtida para flexão foi:

$$f_M = 4,4002 * f_D^{0,8324} \quad (4a)$$

$$\ln(f_M) = 0,8324 * f_D + 1,4817 \quad (4b)$$

onde:

f_M = Resistência à flexão (kgf/cm²) da madeira verde, ou seja, acima do PSF.

R^2 = Coeficiente de determinação (0,7957).

S_R = desvio padrão residual em relação à resistência à flexão (0,1032);

Coeficiente $\alpha = 4,4002$;

Intervalo de confiança do coeficiente $\alpha = (1,8553 \text{ a } 10,4362)$;

Coeficiente $b = 0,8324$;

Intervalo de confiança do coeficiente $b = (0,6990 \text{ a } 0,9658)$.

As relações entre a resistência da madeira à compressão axial no estado verde e a dureza Janka no estado verde são apresentadas nos Gráficos 3a e 3b, respectivamente, para as variáveis em escalas reais e transformadas.

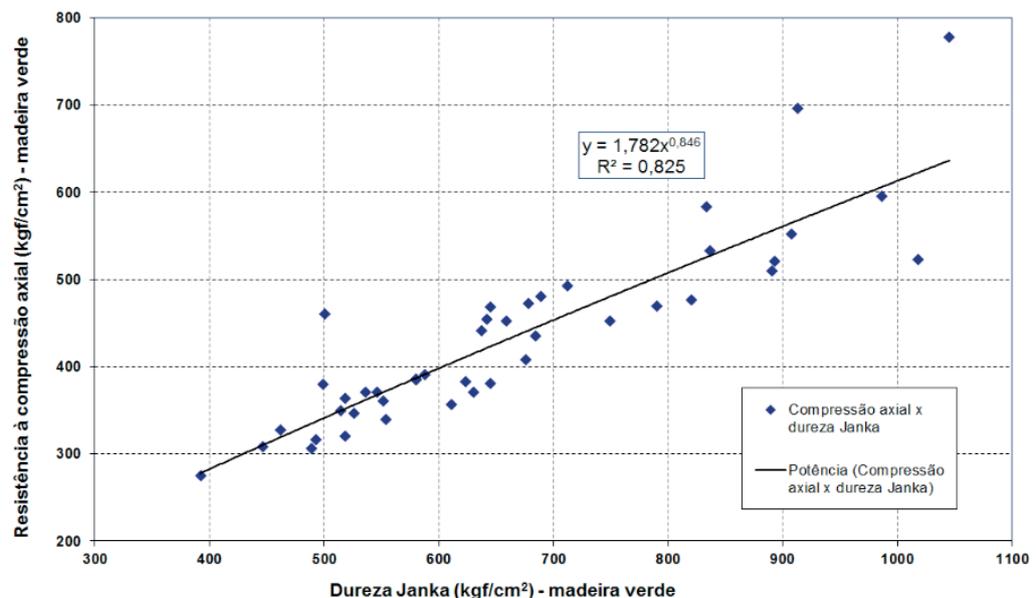


Gráfico 3a – Relação entre resistência à compressão axial no estado verde em função da dureza Janka verde.

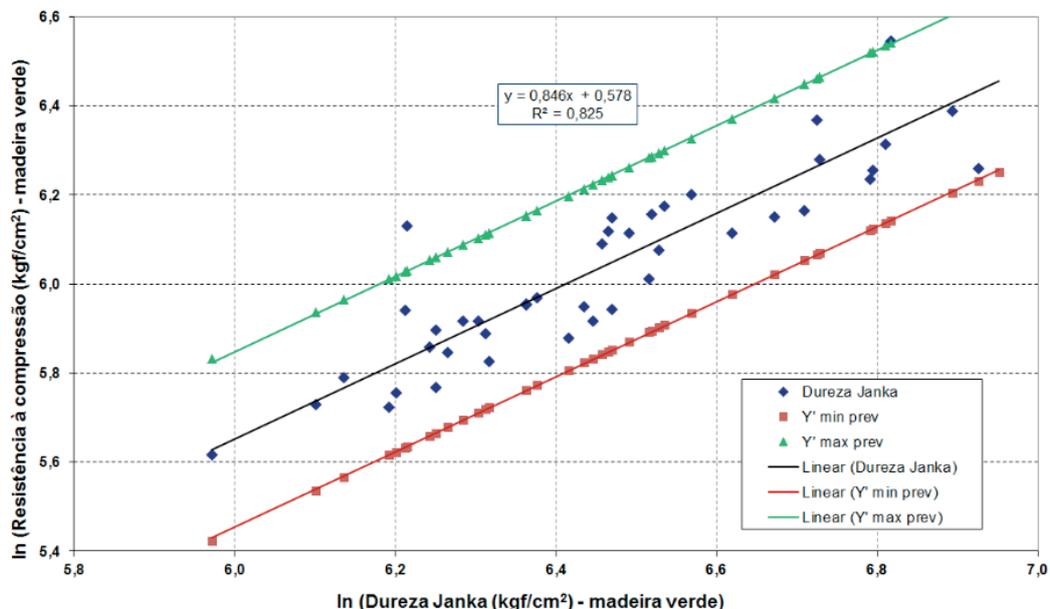


Gráfico 3b – Resistência à compressão em função da dureza Janka verde na escala logarítmica. Pode-se observar o limite superior e inferior para previsão da resistência.

A equação de correlação obtida para compressão axial foi:

$$f_{C0} = 1,782 * f_D^{0,8455} \quad (5a)$$

$$\ln(f_{C0}) = 0,8455 * f_D + 0,5778 \quad (5b)$$

onde:

f_{C0} = Resistência à compressão axial (kgf/cm²) da madeira verde, ou seja, acima do PSF.

R^2 = Coeficiente de determinação (0,8252).

S_R = desvio padrão residual em relação à resistência à compressão (0,0952);

Coeficiente $\alpha = 1,782$;

Intervalo de confiança do coeficiente $\alpha = (0,8032 \text{ a } 3,9539)$;

Coeficiente $b = 0,8455$;

Intervalo de confiança do coeficiente $b = (0,7224 \text{ a } 0,9687)$.

Nas estimativas da densidade aparente a 15% de teor de umidade, resistência à flexão e à compressão da madeira no estado verde (maior que o PSF), a partir da dureza Janka, os coeficientes de determinação foram de 0,8369, 0,7957 e 0,8252, respectivamente. Estes coeficientes indicam uma forte correlação destas propriedades com a dureza Janka.

Os coeficientes a e b das equações apresentaram valores positivos, mesmo dentro do intervalo de confiança de 95%. As dispersões em torno da curva de regressão apresentaram valores entre 6% e 10%. Estas dispersões correspondem ao coeficiente de variação relativo ao valor da curva da regressão.

5 | CONCLUSÕES

Considerando a madeira um material heterogêneo e com grande variabilidade dos elementos anatômicos e propriedades, os resultados das análises de regressão demonstraram uma forte correlação para a densidade aparente a 15% de teor de umidade, resistências à flexão e compressão, no estado verde, com a variável dureza Janka, Portanto, pode ser utilizada como um critério de previsão destas propriedades.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6230**: ensaios físicos e mecânicos de madeiras. Rio de Janeiro, 1985. 16p.

COSTA NETO P. L. O. **Estatística**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. 264 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS (FAO). **Global Forest Resources Assessment 2015**. Country Report Brazil. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/az172e.pdf>>. Acesso em 04 set. 2019.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório anual 2016**. Disponível em: < http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acesso em 04 set. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. (IPT). **Métodos de Ensaio adotados no I.P.T. para o Estudo de Madeiras Nacionais**. Tabela de Resultados obtidos para Madeiras Nacionais. Nomenclatura das Madeiras Nacionais. Boletim nº 31, 2ª edição. São Paulo: IPT, 1956.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Wood Handbook**. Wood as an Engineering Material, Madison: Forest Products Laboratory, 2010. Disponível em: <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf>. Acesso em 04 set. 2019.

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

