

# 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**

## CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO DE FACHADA EM EDIFÍCIO LITORÂNEO COM EXPANSÃO, FISSURAÇÃO COM ESFARELAMENTO E BAIXA RESISTÊNCIA MECÂNICA: ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 25/11/2019

### Renato Freua Sahade

Mestre, Eng.º Civil, Docente da Pós-Graduação INBEC/UNIP e Univ. Presbiteriana Mackenzie  
São Paulo – SP

### Fabiano Ferreira Chotoli

Mestre, Químico, Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT  
São Paulo – SP

### Sérgio Soares de Lima

Eng.º Químico, Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT  
São Paulo – SP

### Priscila Rodrigues Melo Leal

Mestre, Geóloga, Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT  
São Paulo – SP

**RESUMO:** Este trabalho apresenta os resultados de ensaios de caracterização da argamassa de revestimento de fachada de um edifício de 20 pavimentos tipo, que vem apresentando expansão, fissuração com esfarelamento e baixa resistência mecânica ao longo de seus 12 anos. Os sinais e sintomas observados remetiam ao uso indevido de gesso de construção pulverizado na etapa final do acabamento da argamassa. Contudo, durante os ensaios de avaliação química, notou-se

que não fora este o precursor da manifestação patológica observada. Para a caracterização mecânica, utilizou-se da inspeção visual aliada aos ensaios de avaliação qualitativa de aderência por percussão e à tração. Para a caracterização química e mineralógica foram realizados ensaios de difração de raios-X (DRX), reconstituição de traço, análise termogravimétrica diferencial (TG/DTG) e análise petrográfica. Os resultados das análises mecânicas indicaram que todo o revestimento de fachada estava comprometido. Os dados dos ensaios de laboratório apontaram para a inexistência de etringita nas amostras e a presença abundante de grãos de escória anidra, sem evidência de hidratação, e elevada quantidade de ar incorporado, com comprometimento da aderência do agregado à pasta de cimento. Dada à recorrência dos problemas observados em revestimentos de fachada, este trabalho permite mostrar a relevância de algumas técnicas de caracterização associados à inspeção de argamassas, visando aperfeiçoar a conclusão da hipótese diagnóstica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Argamassa de revestimento, ensaios de caracterização, escória, cura, manifestação patológica.

CHARACTERIZATION OF COATING  
MORTARS IN FACADE OF COASTAL

## BUILDING WITH EXPANSION, CRACKING WITH CRUMBLING AND LOW MECHANICAL RESISTANCE: CASE STUDY

**ABSTRACT:** This work presents the results of characterization tests in the coating mortar of a building of 20 floors, which has presented expansion, cracking with crumbling and low mechanical resistance throughout its 12 years. The preliminary observed signs referred to the inappropriate use of pulverized gypsum in the final stage of the coating mortar applying. However, during chemical evaluation tests, it was noted that this was not the precursor to the pathological manifestation observed. For the mechanical characterization, visual inspection was used in conjunction with the qualitative evaluation of percussion and tensile strength tests. X-ray diffraction (XRD), mix proportion analyses, differential thermogravimetric analysis (TG / DTG) and petrographic analysis were performed for chemical and mineralogical characterization. The results of the mechanical analysis indicated that the entire coating mortar is compromised. The data from the laboratory tests indicate the absence of ettringite in the samples and the abundant presence of anhydrous slag grains or without evidence of hydration, and a high amount of incorporated air, with low adhesion of aggregate to the cement paste. Considering the recurrence of the pathologies observed in facade cladding, this work allows to show the relevancy of the data of some characterization techniques associated to the visual inspection, focusing to adequate conclusion of the diagnostic hypothesis.

**KEYWORDS:** coating mortar, characterization techniques, slag, curing, pathological manifestation.

### 1 | INTRODUÇÃO

Dada à relevância e recorrência dos problemas observados em revestimentos argamassados de fachada desde o “boom” da construção civil no Brasil na década de 2010 – expansão, fissuração, descolamentos, desagregamentos e baixas resistências mecânicas, este trabalho objetiva apresentar algumas técnicas avançadas de caracterização de materiais associadas à inspeção de argamassas que, tanto a engenharia de recuperação quanto a forense, vêm se utilizando para a correta conclusão da hipótese diagnóstica.

Fruto de uma perícia judicial onde, durante a diligência dos fatos observados, houve a necessidade da contratação de um profissional patologista especializado em revestimentos argamassados diante dos sintomas e sinais que a edificação vinha apresentando ao longo de seus 12 anos, o sucesso deste trabalho só foi possível por meio de equipes multidisciplinares de engenheiro, químicos e geólogo.

Para o entendimento do desempenho de uma argamassa de revestimento em serviço, bem como sua durabilidade é importante o conhecimento de técnicas avançadas de caracterização das argamassas disponíveis em laboratórios

especializados (OLIVEIRA et al, 2015), associado aos ensaios consagrados como o de percussão (NBR 13749) e o de resistência de aderência (NBR 13528).

## 2 | INFORMAÇÕES PRELIMINARES

Trata-se de uma edificação residencial localizada na região litorânea de São Paulo, em frente ao mar, com 20 pavimentos tipo, em estrutura convencional reticulada de concreto armado (lajes, vigas e pilares), cuja vedação vertical é formada por alvenaria de blocos cerâmicos revestida com chapisco, argamassa única (emboço) e acabamento superficial com revestimento sintético texturizado acrílico.

O “Habite-se” da edificação é de dezembro de 2005 e os primeiros sintomas foram observados nas fachadas já em 2006, menos de um ano após a entrega do empreendimento aos usuários. Com o passar dos anos, devido ao agravamento dos sintomas, em 2014 o Condomínio inicia uma demanda judicial cujo resultado, em função das análises aqui apresentadas, será a completa remoção e a recomposição de todo o sistema de revestimento da fachada.

## 3 | SINAIS E SINTOMAS OBSERVADOS

Os sinais e sintomas detectados durante a inspeção das fachadas são observados na Figura 1.



Figura 1 – Sintomas observados: expansão e fissuração com esfarelamento do sistema de revestimento das fachadas.

Fonte: autor.

## 4 | METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Os sinais e sintomas observados remetiam ao uso indevido de gesso de construção salpicado entre as camadas de argamassa com o objetivo de diminuir o tempo de pega entre estas. Desta forma, as análises químicas foram direcionadas para a detecção de excesso de teores de sulfato nas argamassas, como primeira hipótese diagnóstica.

Para a caracterização mecânica dos revestimentos, realizou-se a inspeção visual da edificação aliada a ensaios de avaliação qualitativa de aderência por percussão e por resistência à tração.

Para identificação da composição química e mineralógica das argamassas foram realizados ensaios de difração de raios-X (DRX), determinação do tipo de ligante por análise química, das proporções dos materiais utilizados (ligantes e agregados) por reconstituição de traço, análise termogravimétrica diferencial (TG/DTG), determinação de íons cloreto e de álcalis solúveis e análise petrográfica com auxílio de lupa estereoscópica.

### 4.1 Caracterização Mecânica

Para inferir sobre a aderência, foi realizado o teste não destrutivo de percussão. Este é conclusivo, segundo a NBR 13749:2013, pois nas regiões com som cavo, o revestimento certamente apresenta deficiência de aderência, devendo ser reexecutado, sendo necessária a análise das causas do descolamento através do ensaio de aderência à tração, conforme ensaio prescrito na NBR 13528:2010.

Os ensaios de aderência à tração foram realizados em todas as fachadas, nos locais onde o revestimento se encontrava sem o som cavo, totalizando 13 painéis de análise ou 156 cp's. Os resultados dos ensaios são apresentados na Tabela 1.

FACHADA	PAVTO	FACE	PAINEL	Ra (MPa)	CV (%)	RUPT PREF	e (mm)
FP	6º	Oeste	1	0	--	SUB/CHA	25,3
	17º	Oeste	2	0,14	92	ARG	33,0
FF	15º	Leste	3	0,04	62	ARG	30,6
	5º	Leste	4	0,11	86	ARG	25,0
FLE	5º	Sul	5	0,19	49	ARG	34,0
	14º	Sul	6	0,34	47	ARG	34,6
	3º	Sul	7	0,28	41	ARG	27,7
	4º	Sul	8	0,21	41	ARG	20,3
	11º	Sul	9	0,17	56	ARG	24,0
FLD	3º	Norte	10	0,26	48	ARG	34,0
	9º	Norte	11	0,17	74	ARG	32,0
	5º	Norte	12	0,13	57	ARG	33,0
	15º	Norte	13	0,07	57	ARG	24,3
			<b>MÉDIAS</b>	<b>0,16</b>	<b>59,17</b>	<b>ARG</b>	<b>29,06</b>

Tabela 1 - Resultado dos ensaios de resistência de aderência à tração

Legenda: FP = Fachada Posterior; FF = Frontal; FLE = Lateral Esquerda; FLD = Lateral Direita; Ra = Média das resistências de aderência à tração do painel (12 arrancamentos/painel); CV = Coeficiente de Variação; RUPT

## 4.2 Ensaio laboratoriais

Foram ensaiadas 08 (oito) amostras de argamassa, coletadas em locais com os sintomas observados na Figura 1 e identificadas como A1 a A8.

### 4.2.1 Métodos utilizados

- Reconstituição de traço: análise química de acordo com as diretrizes gerais de QUARCIONI (1998);
- Determinação de anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ) por gasometria (NBR NM 20:2012);
- Análise termogravimétrica (TG/DTG) (ASTM E 794-06 (Reapproved 2012) - Equipamento utilizado: NETZSCH modelo STA 449 F3 Jupiter; fluxo de gás nitrogênio de 50 mL/min e taxa de aquecimento de 10°C/min até aproximadamente 1000°C;
- Determinação de análise qualitativa por difração de raios-X. Equipamento utilizado: Rigaku modelo Windmax 2000, operando na radiação  $\text{K}\alpha$  do cobre com 40kV – 30mA e varredura de 2°/min.;
- Determinação de sulfeto ( $\text{S}^{2-}$ ) – teste qualitativo (NBR NM 19:2012);
- Determinação de íons cloreto solúveis em água (NBR 9917:2009);
- Determinação de Óxido de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) e óxido de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) solúveis em água (NBR 13810:1997);
- Análise petrográfica por meio de microscopia ótica [ASTM C 856-11 (2011)].

## 5 | RESULTADOS

### 5.1 Ensaio de caracterização mecânica

As fachadas foram integralmente percutidas com martelo de ponta de plástico ABS, sendo que aproximadamente 18% (1.150 m<sup>2</sup>) dos revestimentos encontravam-se com som cavo sob percussão.

Os resultados dos ensaios de resistência de aderência, conforme Tabela 1, indicam ruptura preferencial coesiva no interior da argamassa de emboço, cujas resistências encontravam-se abaixo dos recomendados em norma para revestimentos argamassados em fachadas, ou seja, menores que 0,30 MPa. Durante os ensaios, muitas amostras se destacaram antes mesmo da aplicação de qualquer carga, apenas na fixação do dinamômetro.

Fazendo-se uma análise de comparação simples de médias, observa-se que os resultados também apresentaram um Coeficiente de Variação (CV) muito elevado (60%). Quanto menores os CV, menor a dispersão observada e maior a homogeneidade nas características e propriedades dos revestimentos (GONÇALVES, 2004).

## 5.2 Ensaios de caracterização química e mineralógica

### 5.2.1 Análise química

Os resultados obtidos nas análises químicas, expressos na base original e na base não volátil, estão apresentados na Tabela 2.

Determinações	A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8	
	BO	BNV														
Umidade	0,92	-	1,95	-	1,42	-	1,44	-	1,02	-	0,96	-	0,65	-	1,11	-
PF	4,94	-	5,70	-	6,18	-	5,38	-	5,23	-	5,30	-	4,91	-	6,57	-
RI	78,7	83,6	75,3	81,5	77,2	83,5	77,8	83,5	77,9	83,1	80,2	85,6	79,9	84,6	74,2	80,4
SiO <sub>2</sub>	3,91	4,15	4,53	4,91	3,77	4,08	4,15	4,45	3,94	4,20	3,55	3,79	3,74	3,96	4,55	4,93
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,65	2,81	2,84	3,08	2,57	2,78	2,57	2,76	2,75	2,93	2,27	2,42	2,45	2,59	2,98	3,23
CaO	7,38	7,84	8,50	9,20	7,20	7,79	7,34	7,88	7,74	8,26	6,46	6,89	7,18	7,60	8,82	9,55
MgO	1,07	1,14	1,08	1,17	1,14	1,23	1,14	1,22	1,16	1,24	1,01	1,08	1,08	1,14	1,32	1,43
SO <sub>3</sub>	0,05	0,05	0,06	0,06	0,39	0,42	0,14	0,15	0,12	0,13	0,01	0,01	0,02	0,02	0,11	0,12
CO <sub>2</sub>	3,51	-	3,94	-	3,84	-	3,66	-	3,55	-	2,98	-	3,25	-	4,60	-
S <sup>2-</sup>	0,10	-	0,10	-	0,07	-	0,08	-	0,12	-	0,06	-	0,10	-	0,08	-

Tabela 2 - Resultado das análises químicas (%)

Legenda: PF – Perda ao Fogo; BO – Base Original; BNV – Base de não voláteis; RI – Resíduo Insolúvel; R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – Óxidos de ferro e alumínio.

Fonte: Relatório Técnico nº 147 887-205 (IPT)

### 5.2.2 Análise mineralógica por difração de raios-X (DRX)

Os resultados de análises mineralógicas qualitativas por DRX apresentaram uniformidade dos compostos presentes em todas as amostras (Tabela 3).

AMOSTRAS	Compostos ou fases mineralógicas
A1 a A8	Quartzo, feldspato (plagioclásio e potássico), calcita, mica, tileita, larnita (C <sub>2</sub> S), dolomita, silicatos hidratados (C-S-H)

Tabela 3 - Resultados das análises por DRX

Fonte: Relatório Técnico nº 147 887-205 (IPT)

### 5.2.3 Análise termogravimétrica (TG)

Os resultados das análises termogravimétricas são complementares à DRX, pois permitem quantificar fases mineralógicas presentes no material que são suscetíveis de sofrer termo decomposição com correspondentes perdas de massa, em temperaturas características. O ensaio permite detectar e quantificar substâncias presentes em baixos teores, usualmente não identificáveis por DRX.

Os resultados obtidos nos ensaios realizados nas argamassas possibilitaram quantificar com precisão algumas fases presentes como a portlandita e o carbonato de cálcio.

### 5.2.4 Reconstituição de traço

A reconstituição do traço ou determinação da proporção de mistura foi calculada a partir dos dados da análise química na base não volátil (Tabela 2), obtendo-se o respectivo traço e o tipo de cimento a partir das seguintes premissas:

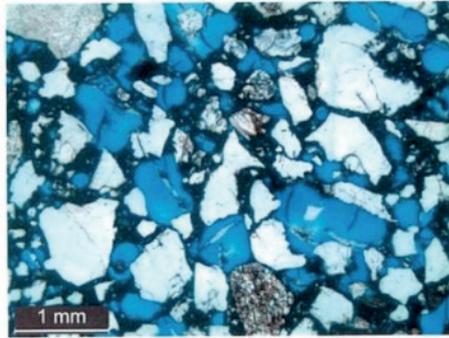
- A perda ao fogo (PF) representa a água combinada e o anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ) presentes na fração de ligante;
- O resíduo insolúvel (RI) em ácido clorídrico representa o teor de agregado silicoso (areia) e a fração solubilizada representa o ligante (cimento);
- O teor de cimento foi calculado a partir do anidrido silícico ( $\text{SiO}_2$ ) da argamassa e adotando-se um cimento Portland tipo CP III como parâmetro de referência, dada a ocorrência de sulfeto ( $\text{S}^{2-}$ ) nas argamassas;
- O teor de cimento foi recalculado na base original, a partir do CP III adotado como referência de cálculo.

### 5.2.5 Determinação de íons cloreto e álcalis solúveis

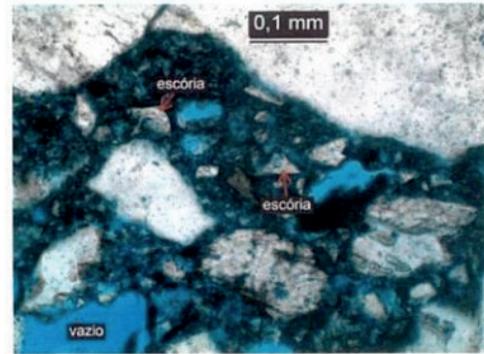
Os resultados percentuais dos ensaios para determinação de íons cloreto e álcalis solúveis em água, indicaram teores desprezíveis para as amostras ensaiadas.

### 5.2.6 Análise petrográfica das amostras de argamassa

Na Figura 2, temos a ilustração de duas fotomicrografias obtidas na análise petrográfica das amostras A3 e A5. Na figura à esquerda, observa-se o excesso de ar incorporado em azul, com comprometimento da aderência do agregado à pasta de cimento (grãos flutuantes). Já na figura à direita, observa-se poucas bolhas arredondadas ou irregulares, por conta da coalescência destas bolhas gerando vazios irregulares de maior porte. No ligante cimentício de ambas as amostras analisadas foi observado grãos de escória anidra em abundância sem evidencia de hidratação.



**Fotomicrografia 1** – Argamassa - A3 - FLE - Pilar - Térreo - 29.03.16. LMCC 198/16. Lâmina IPT nº 12.068. Aspecto microscópico geral da argamassa, notar o excesso de ar incorporado em azul. Polarizadores paralelos.



**Fotomicrografia 9** – Argamassa – A5-FLE - Janela - AP 21 29.03.16. LMCC 200/16. Lâmina IPT nº 12.069. Detalhe de grãos de escória anidra na pasta, sem sinais de reação de hidratação. Polarizadores paralelos

Figura 2 - Análise petrográfica das amostras de argamassa

Fonte: Relatório Técnico nº 147 887-205 (IPT)

## 6 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados dos ensaios de caracterização mecânica por si só já seriam suficientes para “condenar” toda a argamassa de revestimento das fachadas da edificação, uma vez que o ensaio de percussão demonstrou uma grande área de som cavo (18% da área total revestida) e os ensaios de resistência de aderência demonstram que a argamassa aderida estava totalmente comprometida, com resultados bem inferiores comparativamente ao recomendado em norma (resistências médias em torno de 0,16 MPa).

Dos resultados dos ensaios de caracterização química e mineralógica, pode-se observar os seguintes elementos mais significativos depreendidos da análise conjunta de dados obtidos na obra e em laboratório:

- a. Não foram encontrados teores elevados de  $\text{SO}_3^-$  (na análise química), esclarecendo-se não serem os fenômenos de expansão, fissuração e desagregamento observados nas argamassas decorrentes da formação de etringita pela incorporação de gesso de construção ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ) na aplicação do revestimento;
- b. Os baixos teores de íons cloretos e de álcalis solúveis em água afastam a possibilidade de terem sido utilizadas areia de praia e/ou água salobra no amassamento;
- c. Na análise petrográfica, observou-se expressiva quantidade de vazios devido ao ar incorporado em excesso, com comprometimento da aderência do agregado à pasta de cimento, o que evidencia a tendência à fissuração das argamassas de revestimento (Figuras 1 e 2);

- d. Ainda na petrografia, observa-se no ligante cimentício, abundância de grãos de escória anidra, sem evidência de hidratação, não obstante o revestimento apresentar mais de dez anos de aplicação;
- e. Foi verificado, a partir da análise química e reconstituição de traço, tratar-se de argamassas com elevada presença de escória, com traço próximo a 1:5 (ligante:agregado), indicação do uso de Cimento Portland de Alto Forno CP III (NBR 5735:2018);
- f. Não se constatou a hidratação completa do cimento, o que se conclui que as argamassas não foram adequadamente curadas.

## 7 | CONCLUSÃO

O objetivo principal do trabalho realizado foi identificar prováveis causas principais da expansão, fissuração com esfarelamento e baixa resistência mecânica das argamassas de revestimento de fachada de um edifício residencial localizado em região litorânea.

Os resultados dos ensaios permitiram constatar: ausência de gesso de construção ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) em todas as amostras; os teores de determinados de íons cloreto e álcalis solúveis em água estavam dentro do esperado, afastando a possibilidade de utilização de areia a praia e/ou água salobra; na análise petrográfica observou-se a presença de grande quantidade de ar incorporado, com comprometimento da aderência do agregado à pasta de cimento (grãos flutuantes) e grãos de escória anidra sem evidência de hidratação.

O uso de cimento Portland CP III (identificado na análise química) sem os corretos procedimentos de cura úmida nas primeiras horas, associado ao uso inadequado de aditivos incorporadores de ar em excesso ou ainda a provável utilização de um elevado tempo de mistura da argamassa, geraram as manifestações patológicas observadas.

Segundo MEHTA et al. (2008), a escória de alto-forno é auto-cimentante, isto é, não necessita de hidróxido de cálcio ( $\text{CaOH}_2$ ) ou portlandita para formar o C-S-H, responsável principal pelo ganho da resistência mecânica da pasta de cimento. Quando usada em combinação com o cimento Portland, a hidratação da escória é ativada pela alcalinidade do meio devido à presença do hidróxido de cálcio e de gipsita.

Assim, a portlandita gerada na hidratação do cimento é importante para uma adequada hidratação da escória, caso contrário, a mesma permanece como um inerte, fragilizando o sistema. Cabe ainda ressaltar que neste comportamento relatado, parte-se do pressuposto de se tratar de escória de alto forno qualificada para aplicação em cimento Portland, caso contrário, mesmo com o clínquer bem

hidratado a escória permaneceria mal hidratada.

Nas argamassas de revestimentos submetidos à cura úmida, a hidratação do cimento é maior e, conseqüentemente, melhora-se a aderência, reduz-se a permeabilidade e a capacidade de absorção de água, aumentando-se a resistência superficial à tração, independentemente do tipo de cimento utilizado (PEREIRA et al (2005); SILVA et al (2009);).

O trabalho ainda conclui a importância no controle, na fiscalização e na adequada especificação dos materiais para se evitarem ou diminuïrem as falhas de construção.

Como técnica de recuperação, diante dos resultados obtidos, recomendou-se a remoção total do revestimento e sua recomposição.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528**: *Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração* – Elaboração. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749**: *Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação*. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: *Cimento Portland – Requisitos*. Rio de Janeiro, 2018.

GONÇALVES, S. R. C. **Variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos em argamassa – estudo de caso**. Brasília, 2004. 153f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Estrutura e Construção Civil, Universidade de Brasília.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto - Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo, IBRACON, 2008. 674p.

OLIVEIRA, M. C. B.; QUARCIONI, V.A.; CHOTOLI, F.F.; PINTO, N.S.; CINCOTTO, M.A. Caracterização petrográfica de argamassas aplicadas e com prolongada idade de cura em ambiente de laboratório. In: XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2015, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2015.

PEREIRA, P. C.; CARASEK, H.; FRANCINETE JR., P. Influência da cura no desempenho de revestimentos com argamassas inorgânicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 6, Florianópolis, 2005. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2005. p. 477-486.

QUARCIONI, V. A. **Reconstituição de traço de argamassas simples e mistas de cimento Portland e cal hidratada: atualização do método do IPT**. 188p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1998.

**Relatório Técnico n.º 147 884-205**. Argamassa de revestimento com esfarelamento: investigação de causas prováveis por meio de ensaios laboratoriais. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), São Paulo, 2016, 28p.

SILVA, V. S.; GOMES, A. O.; SANTOS, S. A. Influência do processo de cura no desempenho das argamassas de chapisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2009.

## **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

