



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

2

Atena
Editora
Ano 2020



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

2

Atena
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Camila Alves de Cremo

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

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

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

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

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

Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a 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

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

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

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof^a Dr^a 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

Prof^a Dr^a 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
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A642	<p>A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-170-1 DOI 10.22533/at.ed.701200907</p> <p>1. Engenharia civil – Pesquisa – Brasil. 2. Construção civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.</p> <p style="text-align: right;">CDD 338.4769</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil 2” contempla vinte e três capítulos com pesquisas relacionadas a temas da engenharia civil.

O desenvolvimento de novos materiais e a utilização de novas tecnologias na sua composição permitem um grande avanço na área, gerando alternativas de execução e muitas vezes evitando patologias nas edificações.

O estudo sobre o comportamento de materiais utilizados na construção civil permite o aperfeiçoamento de sistemas construtivos já existentes e proporciona uma otimização na execução de projetos.

O livro aborda também artigos que avaliam desempenho de solos, seu comportamento junto a estruturas de edificações e obras de pavimentação.

Esperamos que esta obra proporcione uma leitura agradável e contribua para a geração de novas pesquisas na área da engenharia civil, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico.

Franciele Braga Machado Tullio

Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ADERÊNCIA DO CHAPISCO COM ADIÇÃO DE CAL	
André Miranda dos Santos	
Ângelo Just da Costa e Silva	
João Manoel de Freitas Mota	
DOI 10.22533/at.ed.7012009071	
CAPÍTULO 2	13
AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO CAPILAR EM ARGAMASSAS ESTABILIZADAS DE REVESTIMENTOS SUBSTITUINDO AGREGADOS NATURAIS POR AGREGADOS ARTIFICIAIS	
Valéria Costa de Oliveira	
Emílio Gabriel Freire dos Santos	
Leandro de Souza Carvalho	
Rafael Alves de Oliveira	
Fernanda dos Santos Gentil	
Ieda Maria Fagundes Zanolla	
DOI 10.22533/at.ed.7012009072	
CAPÍTULO 3	30
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO PIGMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E TRAÇÃO DE CONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO	
Amanda Vieira Noletto	
Dalmo Gabriel da Silva Santana	
Beatriz Santos Neri	
Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira	
Salmo Moreira Sidel	
DOI 10.22533/at.ed.7012009073	
CAPÍTULO 4	38
AVALIAÇÃO DO ATAQUE DE ÍONS CLORETO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO, CONTENDO OU NÃO ADIÇÕES MINERAIS	
Rayssa Valéria da Silva	
Fuad Carlos Zarzar Júnior	
José Wertson Gonçalo Pereira	
Gênova Gabriela Oliveira de Paula Rocha	
Leonardo José Silva do Vale	
João Gabriel Souza dos Reis	
Igor Albuquerque da Rosa Teixeira	
Pedro Daltro Macedo de Alencar	
José Flávio Batista Vilela	
Carlos Fernando Gomes do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.7012009074	
CAPÍTULO 5	51
AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ADIÇÃO DE METACAULIM NO CONCRETO FRENTE À PENETRAÇÃO DE ÍONS CLORETO	
Jefferson Thales Siqueira Gomes	
Emerson José da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.7012009075	

CAPÍTULO 6	68
COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CELULOSE: UMA REVISÃO	
Marllon Victor Soares Cabral	
Humberto Mycael Mota Santos	
DOI 10.22533/at.ed.7012009076	
CAPÍTULO 7	81
EFEITO DA SÍLICA ATIVA EM SUSPENSÃO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO	
Albert Luiz Follmann	
Bruno Teles Cordeiro	
Fernando Pelisser	
Artur Spat Ruviano	
DOI 10.22533/at.ed.7012009077	
CAPÍTULO 8	95
ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE UM CONCRETO COM 20MPA NO ESTADO FRESCO, MISTURADO À MÃO E NA BETONEIRA, COM E SEM A SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL POR AREIA BRITADA	
Gabriel Rigaud Figueirôa Lyra	
Anderson José Silva	
André Vinícius Melo Couto	
André William Barbosa Brito	
Sócrates Ildelfonso Farias da Silva	
Simone Perruci Galvão	
DOI 10.22533/at.ed.7012009078	
CAPÍTULO 9	105
INFLUÊNCIA DO PROCEDIMENTO DE MISTURA DOS ADITIVOS NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS ESTABILIZADAS	
Juliana Pippi Antoniazzi	
Luciano Vargas Vaz	
Gihad Mohamad	
Raquel Petry Brondani Schmidt	
Bernardete Trindade	
DOI 10.22533/at.ed.7012009079	
CAPÍTULO 10	114
VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE DETERGENTE DOMÉSTICO COMO ADITIVO PLASTIFICANTE EM ARGAMASSA CIMENTÍCEA	
Jessica Maria de Oliveira Galeno	
Ataídes Oliveira Galvão Junior	
Marcos Vinícios Aguiar Mohana	
Mylena Veras Cavalcante	
DOI 10.22533/at.ed.70120090710	
CAPÍTULO 11	128
AVALIAÇÃO DO ATRITO DE INTERFACE ENTRE BLOCOS DE EPS E DIFERENTE SOLOS E GEOSSINTÉTICOS ATRAVÉS DO CISALHAMENTO DIRETO	
Arthur Ivo Zuquim	
DOI 10.22533/at.ed.70120090711	

CAPÍTULO 12	143
CONTRIBUIÇÃO DA RIGIDEZ TORSIONAL DE VIGAS NO CÁLCULO DE MOMENTOS FLETORES EM LAJES MACIÇAS DE CONCRETO ARMADO	
Jonas Pereira Falcão Francisco dos Santos Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.70120090712	
CAPÍTULO 13	159
DETERMINAÇÃO DA RIGIDEZ EXPERIMENTAL DE VIGOTA TRELIÇADA OBJETIVANDO O DIMENSIONAMENTO DE ESCORAS DE LAJES	
Rebeca Alexandra de Moraes Candido Tiago Duarte de Lima Adão Marques Batista	
DOI 10.22533/at.ed.70120090713	
CAPÍTULO 14	170
EFEITOS DA TEMPERATURA NAS DEFORMAÇÕES POR FLUÊNCIA DO CONCRETO	
Edmilson Lira Madureira Brenda Vieira Costa Fontes Juliana Caroline Neves de Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.70120090714	
CAPÍTULO 15	186
ESTABILIDADE ELÁSTICA EM PILARES METÁLICOS SUBMETIDOS À ATUAÇÃO CONJUNTA DO CARREGAMENTO VERTICAL E DO VENTO	
Wesley Imperiano Gomes de Melo Normando Perazzo Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.70120090715	
CAPÍTULO 16	205
INFLUÊNCIA DO GRAUTE NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS	
Rafael Azevedo Lino Orieta Soto Izquierdo Indara Soto Izquierdo Márcio Roberto Silva Corrêa	
DOI 10.22533/at.ed.70120090716	
CAPÍTULO 17	222
INSPEÇÃO PRELIMINAR E MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA	
Matheus Nunes Reis Jorge Antonio da Cunha Oliveira Jocinez Nogueira Lima	
DOI 10.22533/at.ed.70120090717	
CAPÍTULO 18	237
O CÁLCULO CORRETO DOS EFEITOS DE SEGUNDA ORDEM EM ESTRUTURAS DE EDIFÍCIO DE CONCRETO ARMADO	
Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte Felipe Luna Freire da Fonte Ennes do Rio Abreu	
DOI 10.22533/at.ed.70120090718	

CAPÍTULO 19	251
REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM PRF: UM ESTUDO DE CASO	
Elisson Bilheiro Ferreira Filho	
Ruan Richelly Santos	
Letícia Ikeda Castrillon Fernandez	
Diôgo Silva de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.70120090719	
CAPÍTULO 20	270
CAPACIDADE DE ANCORAGEM DE CONECTORES COM CABEÇA EM CONEXÕES VIGA-PILAR DE CONCRETO ARMADO	
Nataniel Wontoon Barbosa Lima	
Ana Paula Bona Barros Medeiros	
Guilherme Oití Berbert-Born	
João Gabriel Pacheco Monteiro	
Marcos Honorato de Oliveira	
Maurício Ferreira de Pina	
DOI 10.22533/at.ed.70120090720	
CAPÍTULO 21	285
ESTUDO DA DOSAGEM DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL REFORÇADO COM FIBRAS ADOTANDO O MÉTODO DO EMPACOTAMENTO COMPRESSÍVEL (MEC)	
Matheus Galvão Cardoso	
Rodrigo de Melo Lameiras	
DOI 10.22533/at.ed.70120090721	
CAPÍTULO 22	301
IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS	
Tauhana Eineck	
Diogo Rodrigues	
Patrícia Dalla Lana Michel	
DOI 10.22533/at.ed.70120090722	
CAPÍTULO 23	305
UMA ABORDAGEM SOBRE A CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS LATERÍTICOS APLICADOS À PAVIMENTAÇÃO	
Lettycia Pinheiro da Silva	
Lázaro Fernandes Pereira	
Beatriz Almeida Nascimento	
Lívia Ramos Lima	
Roseli Oliveira Guedes Martins	
DOI 10.22533/at.ed.70120090723	
SOBRE OS ORGANIZADORES	307
ÍNDICE REMISSIVO	308

COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CELULOSE: UMA REVISÃO

Data de aceite: 01/06/2020

Marllon Victor Soares Cabral

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela
Universidade Federal de Pernambuco
Caruaru – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/6386256886875051>

Humberto Mycael Mota Santos

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela
Universidade Federal de Pernambuco
Caruaru – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/0412534130466432>

RESUMO: Os compósitos cimentícios são um dos materiais mais utilizados na construção civil devido a sua alta aplicabilidade para realizações de serviços presentes em uma obra. Com isso, diversos estudos visam incorporar materiais que melhorem as propriedades dos compósitos cimentícios. Dentre esses materiais, as fibras de celulose mostram-se com grande potencial de aumentar o desempenho dos compósitos cimentícios, como o aumento da resistência à flexão. Assim, no presente artigo, uma revisão sobre o comportamento das fibras de celulose em compósitos cimentícios foi realizada, destacando-se as principais e atuais pesquisas sobre esse assunto.

PALAVRAS-CHAVE: Compósitos cimentícios;

fibras de celulose; reforço.

CEMENTAL COMPOSITES REINFORCED WITH CELLULOSE FIBERS: A REVIEW

ABSTRACT: Cementitious composites are one of the most used materials in civil construction due to their high applicability for performing services present in a work. With this, several studies aim to incorporate materials that improve the properties of cementitious composites. Among these materials, cellulose fibers show great potential to increase the performance of cementitious composites, such as increasing flexural strength. Thus, in this article, a review on the behavior of cellulose fibers in cementitious composites was carried out, highlighting the main and current research on this subject.

KEYWORDS: Cementitious composites; cellulose fibers; reinforcement.

1 | INTRODUÇÃO

Os materiais compósitos são formados por duas fases: a contínua e a dispersa (CALLISTER, 2008). A fase contínua, denominada matriz, é responsável por assegurar a posição e orientação da fase

dispersa, distribuir as tensões resultantes das cargas externas, absorver a energia e reduzir a concentração de tensões, além de proteger o reforço dos efeitos agressivos do meio ambiente. A mesma pode ser de origem cimentícia, cerâmica, polimérica e metálica (COUTINHO, 1988; CALLISTER, 2008). A fase dispersa, ou reforço, constitui a parte que atribui as propriedades necessárias do aglomerado, que geralmente são fibras ou partículas, conforme Figura 1. Geralmente, as fibras são utilizadas com o escopo de aumentar a resistência mecânica, bem como a tenacidade, e diminuir a propagação de fissuras desses materiais. Por outro lado, as partículas são usadas para melhorar a rigidez, condutividade térmica e elétrica, resistência à temperatura ou à abrasão, tal como a dureza e estabilidade (COUTINHO, 1988; CALLISTER, 2008).

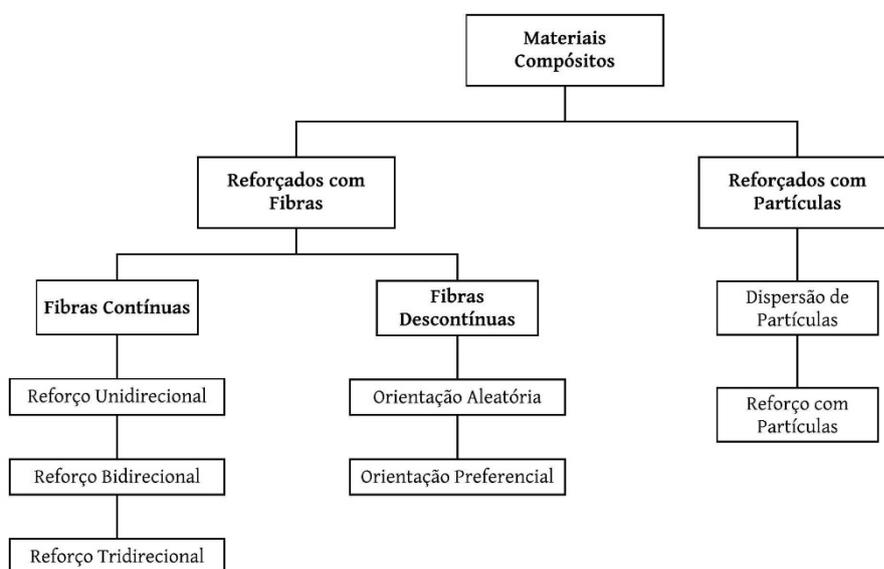


Figura 1 - Classificação dos compósitos com relação ao tipo de reforço

Fonte: CALLISTER (2008)

Os compósitos cimentícios reforçados com fibras são bastantes utilizados na indústria da construção civil. Isso se dá pelo fato de possuírem melhores propriedades mecânicas quando comparados aos compósitos cimentícios mais comuns (JUVANDES, 2002; BENTUR *et al.*, 1990; BALAGARU *et al.*, 1992). Buscando melhorar cada vez mais o desempenho desses materiais, várias combinações fibra/matriz atreladas com inúmeras técnicas de produção vem sendo estudadas pela comunidade acadêmica, tornando-os mais vantajosos nas atividades da engenharia civil (JUVANDES, 2002).

As fibras de reforço são classificadas de acordo com sua composição e seu tamanho (JUVANDES, 2002; BETTERMAN *et al.*, 1995). Com relação a sua composição, as fibras são classificadas em naturais e não-naturais. Contudo, as não-naturais dividem-se em dois grupos: as orgânicas e as inorgânicas, conforme Figura 2.

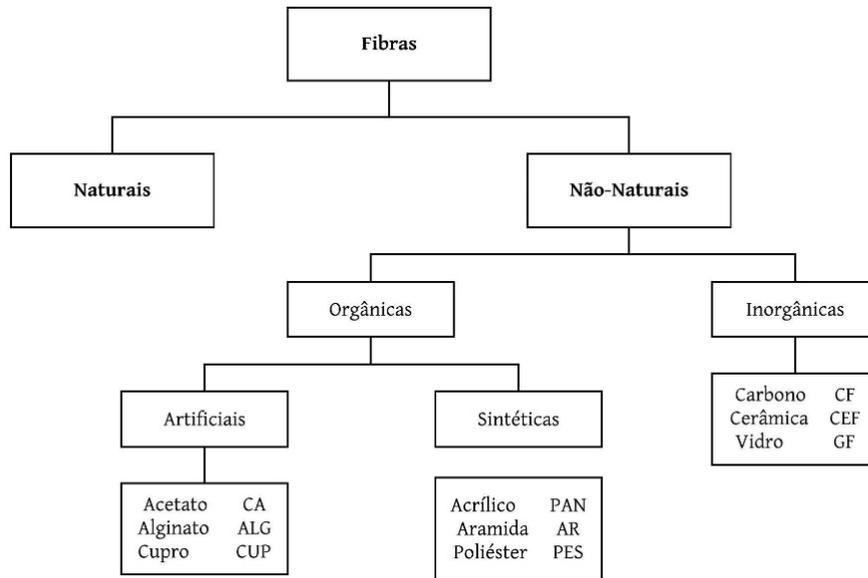


Figura 2 - Classificação das fibras de reforço com relação à composição
 Fonte: *The International Bureau for the standardisation of man-made fibers.* (2006)

1.1 Classificação das fibras

No que concerne ao tamanho, as fibras são classificadas em duas formas: as macrofibras, que atravessam as fendas macroscópicas, impedindo o crescimento de fissuras, além de absorverem energia através de deformação plástica, atrito e extração para aumentar a tenacidade do compósito (Figura 3-A); e as microfibras, que são mais eficientes com relação as microtrincas, impedindo que se transforme em macrotrincas, gerando uma maior resistência à flexão e tenacidade (Figura 3-B).

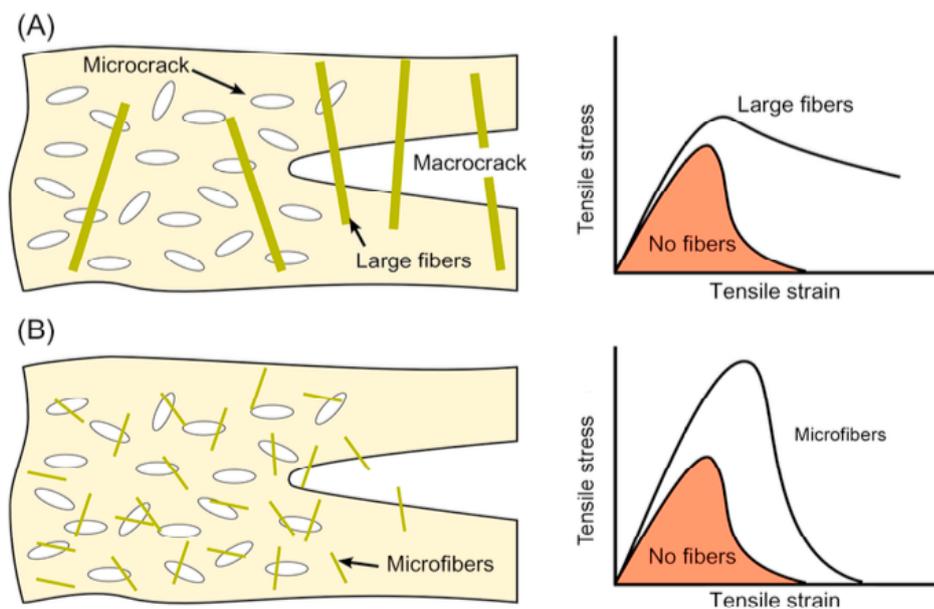


Figura 3 – Esquema de mecanismos de reforço de fibra com base no comprimento da fibra (a) macrofibras e (b) microfibras

Fonte: BETTERMAN *et al.*, (1995)

Várias fibras são utilizadas como reforços em compósitos cimentícios, entre elas, fibras de aço, fibras de vidro, fibras de carbono e fibras sintéticas (BENTUR *et al.*, 1990; BALAGURU *et al.*, 1992; MATEUS, 2013), como podemos ver na Tabela 1. Porém, o alto custo de obtenção dessas fibras, devido aos equipamentos e processos de fabricação, é um obstáculo ao seu uso destas nos materiais de construção (FERREIRA, 2016). Daí, surge um interesse pelo uso de fibras naturais, como reforço alternativo e sustentável (BENTUR e MINDESS, 2007; AKERS *et al.*, 1989; BENTUR e AKERS, 1990), entre elas: fibras de coco e sisal (AGOPYAN, 1991), bambu (SUBRAHMANYAN, 1984), linho (COUTTS, 1995), eucalipto (SALVASTANO JR, 2000) e fibras provenientes de resíduos, como saco de cimento de papel kraft e papel jornal (MÁRMOL *et al.*, 2013).

Tipo de Fibra	Diâmetro Equivalente (mm)	Densidade Específica (kg/m ³)	Resistência à Tração (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Extensão (%)
Acrílico	0,02 à 0,35	1100	200 à 400	2	1,1
Algodão	0,2 à 0,6	1500	400 à 700	4,8	3,0 à 10
Vidro	0,005 à 0,15	2500	1000 à 2600	70 à 80	1,5 à 3,5
Grafite	0,008 à 0,009	1900	1000 à 2600	230 à 415	0,5 à 1,0
Aramida	0,01	1450	3500 à 3600	65 à 133	2,1 à 4,0
Nylon	0,02 à 0,4	1100	760 à 820	4,1	16 à 20
Poliéster	0,02 à 0,4	1400	720 à 860	8,3	11 à 13
Polipropileno (PP)	0,02 à 1,0	900 à 950	200 à 760	3,5 à 15	5,0 à 25
Álcool Polivinílico (PVA)	0,027 à 0,66	1300	900 à 1600	23 à 40	7 à 8
Carbono	----	1400	4000	230 à 240	1,4 à 1,8
Seda	0,02 à 0,38	1500	400 à 600	6,9	10 à 25
Basalto	0,0106	2593	990	7,6	2,56
Polietileno	0,025 à 1,0	960	200 à 300	5,0	3,0
Sisal	0,08 à 0,3	760 à 1100	228 à 800	11 à 27	2,1 à 4,2
Coco	0,11 à 0,53	680 à 1020	108 à 250	2,5 à 4,5	14 à 41
Juta	0,1 à 0,2	1030	250 à 350	26 à 32	1,5 à 1,9
Aço	0,15 à 1,0	7840	345 à 3000	200	4 à 10

Tabela 1 – Propriedades das fibras usadas como reforço em compósitos em cimentícios

Fonte: MATEUS (2013)

2 | COMPÓSITOS DE CIMENTO-CELULOSE

Devido ao grande interesse em desenvolver materiais construtivos sustentáveis, a utilização de fibras e microfibras naturais, como reforço em materiais cimentícios, vem sendo crescente. As fibras de celulose, as microfibrilas de celulose (CMF), a celulose microcristalina (MCC), os nanocristais de celulose (CNC) e a celulose bacteriana (BC) estão sendo cada vez mais utilizadas como reforços em materiais cimentícios por serem renováveis, econômicas e abundantes, mesmo que tenham uma menor eficiência quando comparadas as fibras convencionais (FU *et al.*, 2017).

Os estudos de grupos de pesquisas quanto ao desenvolvimento de novos materiais com partículas de celulose estão estimulando um aumento na taxa de pedido de registros de patentes (CHARREAU *et al.*, 2013). Considerando as aplicações em materiais cimentícios, temos: placas de fibrocimento – nestas, as fibras são adicionadas para facilitar

a fabricação da placa e fornecer uma maior resistência ao impacto; concreto – aumentam as resistências mecânicas, ductilidade e tenacidade, atuam como agente de estabilização de CAA, aumentam o grau de hidratação das misturas, reduz a porosidade bem como o craqueamento pela retração autógena, entres outras melhorias (MOHAMED *et al.*, 2010).

Apesar dos avanços nas pesquisas do uso de fibras celulósicas em várias aplicações industriais, existem várias limitações antes da aceitação pelas indústrias, entre elas: a maior produção desses materiais em micro e nano escala; desenvolvimento de padrões, códigos e apoio; e superar a resistência do mercado. Em compósitos cimentícios, a fragilidade na introdução dessas fibras está na sua degradação em função da alta alcalinidade das matrizes cimentícias e na dispersão da matriz (FU *et al.*, 2017). A modificação física e/ou química (covalente ou não-covalente) das fibras naturais foi a estratégia encontrada pela literatura para mitigar as desvantagens de utilizar essas fibras como um reforço alternativo de compósitos cimentícios (ANJU *et al.*, 2016; PARVEEN *et al.*, 2017). A Tabela 2 reúne os principais achados nos trabalhos acadêmicos publicados.

Tipo de materiais celulósicos	Rota de dispersão	Principais descobertas	Referência
CNC obtido por hidrólise ácida	Nenhum. As suspensões da hidrólise ácida foram diretamente misturadas com pasta de cimento	Aumento de 30% na resistência à flexão	Cao <i>et al.</i> (2015)
CNC obtido por hidrólise ácida	A suspensão CNC da hidrólise ácida foi sonicada por 10 minutos e misturada com pasta de cimento	42-45% de aumento na resistência à compressão	Mazlan <i>et al.</i> (2016)
CMF obtida por hidrólise ácida e homogeneização	Nenhum. As suspensões CMF foram misturadas diretamente com a pasta OWC	20,7% de melhora na resistência à flexão	Sun <i>et al.</i> (2017)
Suspensão CMF obtida por oxidação mediada por TEMPO	Nenhum. As suspensões de CMF foram misturadas diretamente com pasta de cimento	15% e 20% de melhorias nas resistências de flexão e compressão	Jiao <i>et al.</i> (2016)
Celulose Bacteriana (BC) obtida por fermentação	Nenhum. BC foi revestido na superfície da fibra	Melhoria na interface fibra/cimento e redução na mineralização da fibra	Kazemi <i>et al.</i> (2015)
Pó MCC disponível no mercado	Nenhum. Saturado com água e misturado com pasta de cimento	Nenhuma melhoria no desempenho mecânico	Hoyos <i>et al.</i> (2013)
MCC, superfície modificada com ortossilicato de tetraetila (TEOS)	Nenhum. Misturado diretamente com pasta de cimento	60% de melhoria na resistência à flexão e 45% na resistência à compressão	Anju <i>et al.</i> (2016)
Pó MCC disponível no mercado	Dispersos em água usando o surfactante Pluronic F-127 através do processo de ultra-som e depois misturados com pasta de cimento	Módulo de flexão, resistência à flexão e resistência à compressão melhoraram 106%, 31% e 66%, respectivamente.	Parveen <i>et al.</i> (2017a,b,c)
Pó MCC disponível no mercado	Dispersado em água usando o processo de ultra-som otimizado e depois misturado com pasta de cimento	96%, 19,2% e 51,4% de melhorias no módulo de flexão, resistência à flexão e resistência à compressão	Parveen <i>et al.</i> (2018)

Tabela 2 – Principais descobertas dos compósitos cimento-celulose

Fonte: PARVEEN *et al.* (2018)

2.2 Compósitos cimentícios com fibras de celulose

As fibras vegetais são compostas principalmente por celulose, possuem baixa cristalinidade, em torno de 43% a 65%, e variam em comprimento de 10 μm a alguns mm. Quando purificadas dispuserem de características que aumentaram o interesse em seu uso como reforços em compósitos cimentícios (BENTUR *et al.*, 1990; BALAGURU *et al.*, 1992). A maioria relatou melhoria nas propriedades mecânicas com baixa densidade, entre elas: maior resistência à flexão, tenacidade, ductilidade e resistências à rachaduras (CLARAMUNT *et al.*, 2013).

Especificamente, como mostra a Figura 4, a dureza e a ductilidade do compósito cimentício aumentaram significativamente com adição de 4% em peso de fibra celulose, de acordo com o teste de flexão de 3 pontos (CLARAMUNT *et al.*, 2013).

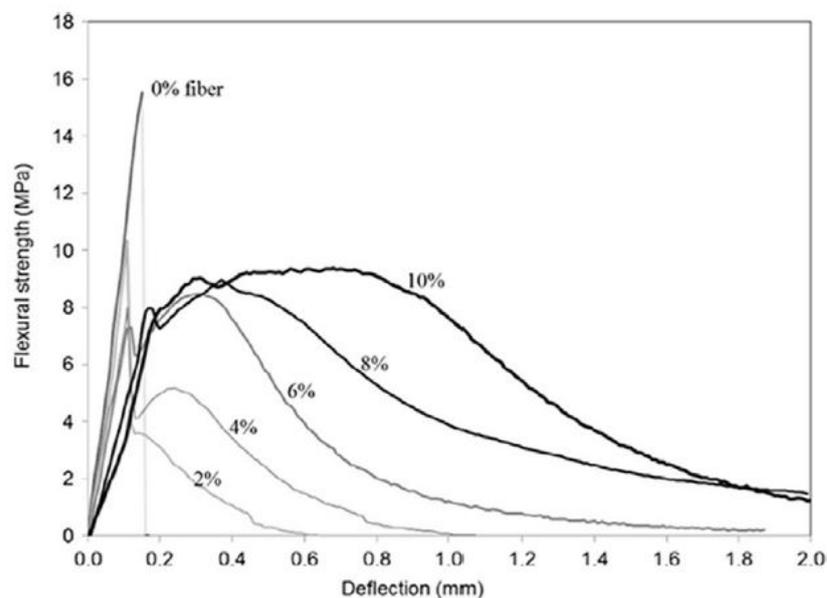


Figura 4 – Curvas típicas de deflexão de tensão de compósitos de cimento reforçados com fibra de celulose com várias adições de fibra de celulose.

Fonte: ARDANUY *et al.*, (2015)

Por possuírem uma alta capacidade de absorção de água, as fibras, ao serem introduzidas na pasta de cimento, podem fornecer água adicional para as reações de hidratação, atuando como agentes de cura interno, podendo reduzir significativamente a retração autógena (MEZENECVOVA *et al.*, 2011).

Todavia, a fragilidade da incorporação dessas fibras está relacionada as seguintes questões: degradação em função da alta alcalinidade das matrizes cimentícias, que pode ser mitigada com a modificação física ou química das fibras e/ou reduzir a portlandita, adicionando compostos pozolânicos (ARDANUY *et al.*, 2011); e a dispersão da matriz, que pode ser alcançada pelo uso de superplastificante.

2.3 Compósitos cimentícios com celulose microcristalina (MCC)

A MCC, insumo de aplicações nas indústrias farmacêuticas e alimentícias, compõe-se principalmente de cadeias de celulose cristalina, preparadas através por hidrólise ácida da fibra vegetal, seguida de uma neutralização reversa com álcali e secagem por pulverização. As partículas de MCC são altamente hidrofílicas e possuem alta cristalinidade (80%-85%), alta capacidade de retenção de água e excelentes propriedades mecânicas (AZUBUIKE *et al.*, 2012).

Poucos trabalhos estudaram a influência do MCC na metodologia de mistura, trabalhabilidade, propriedades mecânicas, evolução de calor e grau de hidratação nos compósitos cimentícios.

A redução de rachaduras induzidas pelo calor é uma das características do composto MCC-cimento, devido à sua menor MOE e menor geração de calor durante a hidratação (HOYOS *et al.*, 2013). A MCC também foi avaliada como reforço do SCC com relação à trabalhabilidade e as propriedades mecânicas. Os resultados mostraram melhorias na resistência à compressão e a redução da porosidade (MOHAMED *et al.*, 2010).

Com o escopo de mitigar a degradação do MCC devido à alta alcalinidade da matriz e melhorar sua dispersão, Anju *et al.* (2016) modificou a superfície da celulose microcristalina com ortossilicato de tetraetila (TEOS), derivada da fibra do algodão. O modificador de superfície à base de Silano minimiza a absorção de água e atua como uma pozolana, que resulta em ligações adicionais de hidratos de silicato de cálcio (CSH). Ao ser adicionado em compósitos cimentícios de argamassa observou um aumento de duas vezes na resistência à flexão e 45% na compressão.

Uma nova abordagem para o desenvolvimento de compósitos cimentícios reforçados com MCC foi desenvolvida por pesquisadores. Parveen *et al.* (2017) preparou suspensões aquosas utilizando o surfactante Pluronic F-127 com o auxílio do processo de ultrassom e introduziu em compósitos de argamassa, resultando em melhora de 106%, 31% e 66% no módulo de flexão, resistência à flexão e resistência à compressão, respectivamente. Além disso, obteve um compósito cimentício com microestrutura aprimorada. Os bons resultados devem-se à melhoria da dispersão dos MCC na matriz.

O primeiro estudo detalhado do tempo de ultrassonicação para preparação de soluções aquosas de MCC como aditivo de compósitos cimentícios foi realizado por Parveen *et al.* (2018). Resultados experimentais sugeriram que o tratamento ultrassônico de 30 min garante uma boa dispersão de MCC com baixas áreas aglomeradas e alta capacidade de extração. Com a otimização da energia de ultrassom e adição de 1% de MCC, obteve-se melhorias máximas de 96% no módulo de flexão, 19,2% na resistência à flexão e 51,4% na resistência à compressão. Além do mais, resultou em uma melhoria na hidratação do cimento e redução no tamanho dos poros dos compósitos.

Silva *et al.* (2018) desenvolveu uma técnica de dispersão física de baixa intensidade

e menos energia. O pesquisador preparou soluções aquosas de MCC, variando entre 0,4% e 2% em peso, com o auxílio de agitação magnética por 45 min. Notou-se que ao aumentar o teor do MCC, o fluxo da pasta de argamassa diminuiu significativamente. Com relação as propriedades mecânicas, aumentou 20,5% na resistência à flexão, 19,8% na resistência à compressão, 100% no módulo de flexão e 27,2% na energia de fratura aos 28 dias de idade.

2.4 Compósitos cimentícios com nanocristais de celulose (CNC)

Os CNCs são nanofibras, tipo haste, que permanecem após a hidrólise ácida das fibras, possuem 100% de celulose na composição, alta cristalinidade e têm grupos de hidroxila em sua superfície que podem ser modificados quimicamente para obter melhores funcionalidades. Ao ser introduzida em compósitos cimentícios, observou-se: um aumento do grau de hidratação (DOH); aumento da resistência à flexão, em torno de 20% a 30%; e melhora nas propriedades reológicas. Dois mecanismos são responsáveis pelas melhorias citadas, quais sejam, estabilização estérica e difusão “curto-circuito” (CAO *et al.*, 2015).

A chave de sucesso para aplicação de nanomateriais é a dispersão. Em estudo realizado para a introdução de CNCs dispersos com ultrassom, em solução simulada de poros de cimento, obteve-se um aumento de 50% na resistência à flexão, devido a melhor dispersão dos CNCs (CAO *et al.*, 2016).

3 | MECANISMOS POTENCIAIS DAS PARTÍCULAS CELULÓSICAS EM COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS

As partículas de celulose, em micro/nanoescala, possuem mecanismos potenciais ao serem incorporadas em compósitos cimentícios, quanto a interação com as partículas, a reologia e grau de hidratação.

3.1 Interações com partículas

Sabe-se que no primeiro contato das partículas de água e cimento estas se atraem, aprisionando água entre elas, devido às forças de *van der Waals*. Os superplastificantes podem ser utilizados para reduzir essa aglomeração, através de forças repulsivas eletrostáticas e estéricas entre as partículas. Os CNCs possuem o mesmo mecanismo dos superplastificantes, pois possuem uma área superficial específica alta, são ricos em grupos hidroxila reativos e exibem altas cargas eletro-estéricas em solução (CAO *et al.*, 2015).

Ao incorporar CNCs em compósitos cimentícios, foi identificado que os mesmos tendem a aderir à superfície das partículas de cimento, em vez de se aglomerarem. Além disso, os CNCs obtiveram melhores resultados que os compósitos com superplastificantes, obtendo um maior DOH sem uma significativa segregação no carregamento mais alto

(CAO *et al.*, 2015).

Na Figura 5 observa-se partículas de CNCs, ao redor da estrutura de partículas de cimento não-hidratado, o que confirma um atraso na hidratação inicial, devido aos CNCs bloquearem o acesso à água nas primeiras idades. Além disso, a alta propriedade hidrofílica e a alta reatividade dos grupos hidroxila são propriedades responsáveis pelo aumento das interações entre partículas de celulose, partículas de cimento e produtos de hidratação do cimento (CAO *et al.*, 2015).

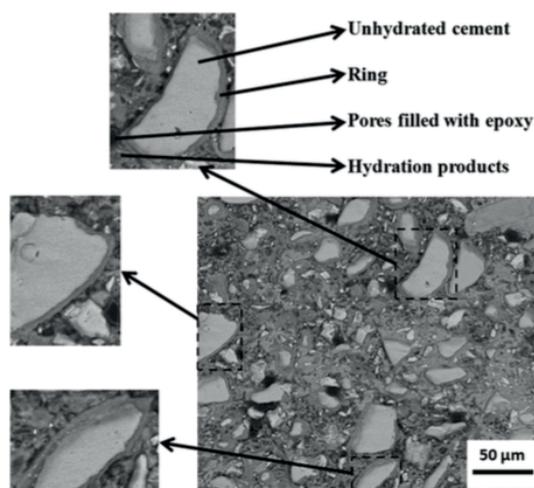


Figura 5 – Imagem SEM de compósitos cimento (tipo V) – CNC (1,5%) com 7 dias de idade.

Fonte: CAO *et al.* (2015)

3.2 Modificação reológica

Devido a interação de micropartículas de celulose com as partículas de cimento pode ocorrer uma alteração na tensão de escoamento e viscosidade da mistura cimentícia. Conforme Figura 6, observa-se que, para pequenas cargas de CNCs, ocorreu a liberação de água retida enquanto diminuía a tensão de escoamento, devido à estabilização eletrostática. Por outro lado, para cargas altas de CNCs, a tensão de escoamento aumenta linearmente, provavelmente devido a aglomeração do CNC na solução de poros, que necessita de maiores forças para romper (CAO *et al.*, 2015).

A modificação reológica foi citada por outros pesquisadores. O teste de *mini slump* e teste de estresse de rendimento foi utilizado para avaliar a reologia de compósitos cimento-CNC, e obteve como resultado um abatimento ligeiramente reduzido, enquanto o limite de elasticidade aparente foi maior em torno de 2,6 vezes do que o compósito sem CNCs (HOYOS *et al.*, 2013). Para relatar a influência da MCC na reologia do CAA, utilizaram os seguintes testes: o de cone de *Abrams*, o *L-box*, o funil V e o teste do anel-J. Os resultados mostraram que a MCC reduziu a demanda do superplastificante para alcançar a trabalhabilidade necessária (MOHAMED *et al.*, 2010).

Vale ressaltar que o efeito da modificação da reologia, pelas micropartículas de

celulose, é mais vantajoso em relação aos nanotubos de carbono e nanofibras de carbono, devido a dispersão desses últimos serem um obstáculo, pois possuem alta hidrofobicidade e forte auto-atração. Além disso, são mais seguros com relação a efeitos adversos em saúde e no meio ambiente (ROMAN, 2015).

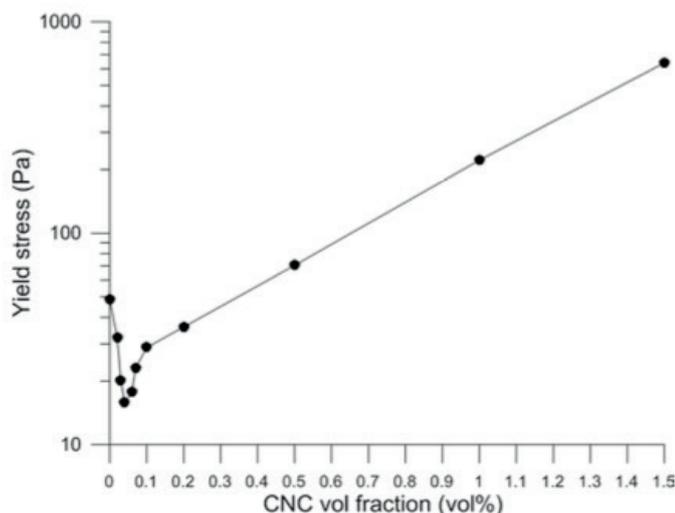


Figura 6 – Estresse de pastas de cimento CNC com diferentes concentrações

Fonte: CAO *et al.* (2015)

3.3 Difusão de “curto-circuito”

A hipótese de difusão de “curto-circuito” foi proposta para explicar o aumento de DOH nos compósitos cimentícios incorporados com CNC. Consta que uma densa camada de produtos de hidratação se forma ao redor de partículas de cimento não-hidratado, retardando a reação de hidratação e limitando o acesso de água nas primeiras idades no processo de hidratação. Então, conforme Figura 7, os produtos de hidratação se formam em torno da rede de CNC, que parece permitir que as moléculas de água se propaguem através do produto de hidratação para atingir as partículas de cimento não hidratada (CAO *et al.*, 2015).

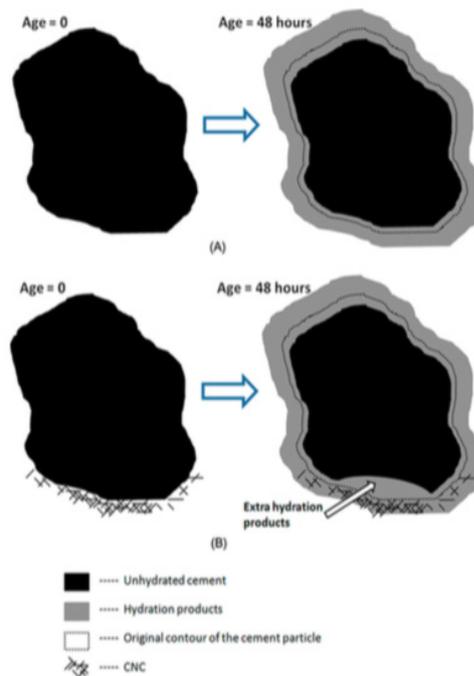


Figura 7 – Uma ilustração esquemática da difusão de “curto-circuito” (a) pasta de cimento simples e (b) compósitos de cimento-CNC

Fonte: CAO *et al.* (2015)

4 | CONCLUSÃO

Desse modo, essa pesquisa mostra que a incorporação de fibras de celulose torna-se uma abordagem promissora no desenvolvimento de compósitos cimentícios, com melhores propriedades mecânicas, redução de propagação de fissuras e, com possíveis vantagens em relação a sustentabilidade, ao custo e qualidade final, quando comparado aos que utilizam as fibras convencionais.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. **Materiais reforçados com fibras para a construção civil nos países em desenvolvimento: o uso de fibras vegetais**. 204 p. Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

AKERS S.A.S., STUDINKA J.B., MEIER P., DOBB M. G., JOHNSON D. J., HIKASA J. **Long term durability of PVA reinforcing fibres in a cement matrix**. The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, v.11, n.2, p.79-91, 1989.

ANJU T.R., RAMAMURTHY K., DHAMODHARAN R., **Surface modified microcrystalline cellulose from cotton as a potencial mineral admixture in cement mortar composite**. Cement and Concrete Composites 74(2016) 147-153.

ARDANUY M., CLARAMUNT J., TOLEDO FILHO R.D. **Cellulosic fiber reinforced cement-based composites: a review of recent research**. Constr Build Mater 2015;79:115–28.”

ARDANUY M., CLARAMUNT J., GARCÍA-HORTAL J. A., BARRA M. **Fiber-matrix interactions in cement**

mortar composites reinforced with cellulosic fibers. Cellulose 2011;18(2):281–9.

AZUBUIKE C.P., ESIABA J. **Investigation into some physico-technical and tebleting properties of low-crystallinity powdered cellulose prepared from corn residues.** J Pharm Res Opin 2012;2(8):94–8.

BALAGURU P. N., SHAH S. P. **Fiber-reinforced concrete composites.** New York: McGraw-Hill; 1992.

BENTUR A., MINDESS S. **Fibre reinforced cementitious composites.** London and New York: Elsevier; 1990.

BENTUR A., MINDESS S. **Fibre reinforced cementitious composites.** London and New York: Modern Concrete Technology Series, 2ed., 2007.

BETTERMAN L. R., OUYANG C., SHAH S. P. **Fiber-matrix interaction in microfiber-reinforced mortar.** Adv Cem Based Mater 1995;2(2):53–61.

CAO Y., TIAN N., BAHR D., ZAVATTIERI P. D., YOUNGBLOOD J., MOON R.J. **The influence of cellulose nanocrystals on the microstructure of cement paste.** Cem Concr Compos 2016;74:164–73.

CAO Y., ZAVATERI P., YOUNGBLOOD J., MOON R., WEISS J. **The influence of cellulose nanocrystal additions on the performance of cement paste.** Cement and Concrete Composites 56(2015) 73-83.

CALLISTER W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais.** University of Iowa, USA; 2008.

COUTINHO S. **Fabrico e Propriedades do Betão.** Vol. 1,2 e 3; LNEC, Lisboa, 1988.

COUTTS R. S. P., NI Y. **Autoclaved bamboo pulp fibre reinforced cement.** Cem Concr Compos 1995;17(2):99–106.

CHARREAU H., FORESTI M. L., VAZQUEZ A. **Nanocellulose patents trends: a comprehensive review on patents on cellulose nanocrystals, microfibrillated and bacterial cellulose.** Recent Pat Nanotechnol 2013;7(1):56–80.

CLARAMUNT J., ARDANUY M., PARÉS F., VENTURA H. **Mechanical performance of cement mortar composites reinforced with cellulose fibres.** Ninth international conference on Composite Science and Technology. Lancaster: DEStech; 2013. p. 477–84.

FERREIRA S. P. C. **Desenvolvimento de compósitos cimentícios reforçados por celolose microcristalina.** Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho (2016).

FU T., MOON R. J., ZAVATTIERI P., YOUNGBLOOD J., WEISS W. J. **Cellulose-Reinforced Nanofibre Composites.** DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100957-4.00020-6>.

HOYOS C. G., CRISTIA E., VÁZQUEZ A. **Effect of cellulose microcrystalline particles on properties of cement based composites.** Mater Des 2013;51:810–8.

JUVANDES P. **Materiais Compósitos Reforçados com Fibras, FRP;** FEUP, Porto; 2002.

MATEUS P. S. L. **Betão Reforçado por Nanotubos de Carbono.** Universidade do Minho, Guimarães, 2013.

MÁRMOL G., *et al.*, 2013. **Mechanical and physical performance of low alkalinity cementitious composites reinforced with recycled cellulosic fibres pulp from cement kraft bags.** Ind. Crop. Prod. 49, 422–427.

MEZENCEVOVA A., GARAS V., NANKO H., KURTIS K. E. **Influence of thermomechanical pulp fiber**

compositions on internal curing of cementitious materials. J Mater Civ Eng 2011;24(8):970–5.

MOHAMED M. A. S., GHORBEL E., WARDEH G. **Valorization of micro-cellulose fibers in self-compacting concrete.** Constr Build Mater 2010;24(12):2473–80.

PARVEEN S., RANA S., FANGUEIRO R., CONCEIÇÃO PAIVA P. **A novel approach of developing micro crystalline cellulose reinforced cementitious composites with enhanced microstructure and mechanical performance.** Cement and Concrete Composites 78(2017) 146-161. 104

PARVEEN S., RANA S., FERREIRA S., FILHO A., FANGUEIRO R. **Ultrasonic dispersion of micro crystalline cellulose for developing.** Industrial Crops & Products 122 (2018) 156–165 cementitious composites with excellent strength and stiffness.

ROMAN M. **Toxicity of cellulose nanocrystals: a review.** Ind Biotechnol 2015;11(1): 25–33.

SAVASTANO H., WARDEN P.G., COUTTS R.S.P. **Brazilian waste fibres as reinforcement for cement-based composites.** Cem Concr Compos 2000;22:379–84.

SILVA L., PARVEEN S., FILHO A., ZOTTIS A., RANA S., VANDERLEI R., FANGUEIRO R. **A facile approach of developing micro crystalline cellulose reinforced cementitious composites with improved microstructure and mechanical performance.** Powder Technology 338 (2018) 654–663.

SUBRAHMANYAM, B. V. **Bamboo reinforcement for cement matrices.** In: Concrete technology and Design. V.2, ed RN Swamy, Surrey University Press 1984 p. 141-193

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aderência 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 17, 18, 20, 42, 183, 276

Adições Minerais 38, 39, 49, 51, 55, 67, 81, 82, 90, 94

Aditivo 18, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 32, 33, 45, 46, 47, 74, 83, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 116, 119, 120, 125, 126, 127

Aditivo Plastificante 114, 116, 119, 120

Areia de Brita 13, 14, 16

Argamassas 3, 4, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 97, 105, 106, 107, 108, 109, 112, 113, 114, 116, 117, 119, 120, 126, 127, 130, 139, 206, 210

Argamassas Estabilizadas 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 25, 27, 28, 105, 106, 112, 113

Arquitetura 30, 31

C

Cal Hidratada 1, 5, 10

Chapisco 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Cisalhamento Direto 128, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142

Colorido 30, 31, 32, 36, 37

Compósitos Cimentícios 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79

Concreto 3, 12, 13, 15, 18, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 72, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 102, 103, 104, 113, 115, 116, 123, 127, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 204, 210, 211, 214, 217, 220, 221, 222, 223, 224, 227, 231, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 245, 250, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 267, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 296, 298, 299, 303, 304

Corrosão 38, 40, 42, 49, 50, 51, 53, 54, 66, 67, 303

D

Detergente Doméstico 114, 116, 119, 125, 127

E

EPS 128, 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 277

Escoramento 159, 160, 161, 162, 163, 168, 169

F

Fibras de Celulose 68, 71, 73, 78

G

Geossintéticos 128, 140, 141

I

Interação 55, 75, 76, 139, 143, 220, 250

Íon Cloreto 39, 42

L

Laje Pré-Moldada 159, 166, 168

M

Manifestações Patológicas 15, 51, 53, 223, 225, 226, 235, 301, 302, 303, 304

Metacaulim 11, 12, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 60, 62, 64, 65, 66, 67

Método dos Elementos Finitos 143, 144

Migração de Íons 39, 43, 45

Módulo de Elasticidade 81, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 164, 198, 201, 207, 210, 211, 214, 217, 218, 239, 242, 276, 289

P

Patologias 39, 97, 222, 223, 234, 252

Permeabilidade 13, 14, 16, 17, 18, 21, 23, 27, 28, 39, 40, 51, 65, 66, 112, 125, 306

Poliestireno Expandido 128, 129, 137, 138, 140, 141

Procedimento 11, 37, 49, 93, 105, 108, 132, 157, 165, 172, 174, 175, 185, 204, 211, 226, 229, 284, 292, 295, 304

Programa Computacional 61, 143

R

Reforço 11, 50, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 129, 232, 233, 236, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 259, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 269, 272, 285, 288, 289, 304, 305

Rigidez à Torção 143, 144, 146, 148, 154, 155, 157

Rigidez Experimental 159, 167, 168

S

Sílica 12, 32, 33, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 56, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 92, 93

Sílica Ativa 32, 33, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 81, 82, 83, 84, 85, 89, 90, 92, 93
Solos 128, 129, 130, 133, 134, 135, 136, 137, 142, 305, 306

 **Atena**
Editora

2 0 2 0