



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: Profª Drª 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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

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

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

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

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

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

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

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

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de 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

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

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
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 Ildfonso 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

AVALIAÇÃO DO ATAQUE DE ÍONS CLORETO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO, CONTENDO OU NÃO ADIÇÕES MINERAIS

Data de aceite: 01/06/2020

Data da submissão: 28/03/2020

Rayssa Valéria da Silva

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5592644745933370>

Fuad Carlos Zarzar Júnior

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0648775452557016>

José Wertson Gonçalo Pereira

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5062068141585522>

Gênova Gabriela Oliveira de Paula Rocha

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0169199961084876>

Leonardo José Silva do Vale

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1349775024383837>

João Gabriel Souza dos Reis

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7618863070538598>

Igor Albuquerque da Rosa Teixeira

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5316921426149568>

Pedro Daltro Macedo de Alencar

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4185653845985742>

José Flávio Batista Vilela

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4386824700778336>

Carlos Fernando Gomes do Nascimento

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8084586098803603>

RESUMO: Os íons cloreto ao penetrarem no concreto degradam a camada passivadora de óxidos do aço, quando encontrado em determinadas concentrações, acelerando o processo de corrosão. O objetivo desse trabalho é estudar tal ataque e desenvolver um concreto capaz de resistir a entrada desse agente agressivo. Utilizou-se sílica ativa para o desenvolvimento de corpos de prova de concreto para identificar sua qualidade e resistência. Essa adição mineral possui ricas propriedades

químicas que aumentam a densidade do cimento, diminui a permeabilidade reduzindo os poros do concreto. Estudou-se a qualidade do concreto em diferentes proporções de adição, com o objetivo de avaliar o comportamento mecânico e químico do concreto frente ao ataque por íons cloreto. Foi utilizada a norma internacional ASTM C1202/2019, intitulada “Método de teste padrão para indicação elétrica da capacidade do concreto de resistir à penetração de íons cloreto”. Com a finalidade de medir e verificar a resistência à penetração dos íons cloreto em cada tipo de concreto analisado.

PALAVRAS-CHAVE: Patologias, íon cloreto, sílica ativa, migração de íons, adições minerais.

EVALUATION OF THE ATTACK OF CHLORIDE IONS IN CONCRETE STRUCTURES, WHETHER OR NOT CONTAINING MINERAL ADDITIONS

ABSTRACT: When chloride ions penetrate concrete, they degrade the passive layer of steel oxides, when found in certain concentrations, accelerating the corrosion process. The objective of this work is to study such an attack and develop a concrete capable of resisting the entry of this aggressive agent. Active silica was used for the development of concrete specimens to identify its quality and strength. This mineral addition has rich chemical properties that increase the density of the cement, decrease the permeability and reduce the pores of the concrete. The quality of the concrete was studied in different proportions of addition, with the objective of evaluating the mechanical and chemical behavior of the concrete against the attack by chloride ions. The international standard ASTM C1202 / 2019 was used, entitled “Standard test method for electrical indication of the concrete’s capacity to resist the penetration of chloride ions”. In order to measure and verify the resistance to the penetration of chloride ions in each type of concrete analyzed.

KEYWORDS: Pathologies, chloride ion, active silica, migration of ions, mineral additions.

1 | INTRODUÇÃO

A forma como os íons cloreto comportam-se dentro das estruturas de concreto não estão bem estabelecidas no meio científico, pois os cloretos podem alcançar o interior das estruturas por mecanismos como água de amassamento contaminada ou após o endurecimento do concreto (SILVA, 2006). Os íons cloretos podem ser encontrados no concreto em três formas, combinados quimicamente ao aluminato tricálcico (C_3A) (sal de Friedel), fisicamente absorvido na superfície dos poros e sob a forma de íons livres (GRAUSS, 2010). A terceira forma é a que causa preocupação, pois os íons livres sempre estarão presentes na estrutura.

A utilização de uma adição mineral no concreto possibilita a diminuição da ação dos íons livres dentro do concreto. A atividade pozolânica da sílica ativa, quando adicionada ao cimento Portland, ocorre no período entre 7 e 14 dias de hidratação (NITA, 2007).

Essa adição possui ricas propriedades químicas que aumentam a densidade do cimento, diminui a permeabilidade, reduz os poros do concreto (evitando a entrada de agentes agressivos) (ABCP, 2012), por tanto a incorporação dessa adição pode alterar de maneira considerável as características do concreto.

Combinado a outros parâmetros de estudo nos ajuda a desenvolver um concreto mais resistente a penetração de íons cloreto, melhorando a qualidade e a durabilidade das estruturas de concreto armado, principalmente para regiões litorâneas. Portanto, a análise do comportamento estrutural contendo ou não essa adição é o objeto de estudo desta pesquisa.

2 | ATAQUE POR ÍONS CLORETO

De acordo com Vieira (2003), dentre as diversas condições de exposição que as estruturas de concreto armado possam ser submetidas durante sua vida útil, a presença de cloretos representa um dos mais complexos e perigosos tipos de ataque, causando sérios impactos no desempenho da estrutura.

Segundo Hansson *et al.*, (1985), pequenas concentrações de íons cloreto podem ser toleradas sem provocar o início do processo de corrosão, uma vez que, após reagirem com os aluminatos, provenientes das reações de hidratação do cimento, os íons cloreto não estarão livres para despassivar as barras de aço embutidas no concreto.

Porém, existem concentrações que tornam crítica a situação, podendo penetrar na camada de óxido passivante do aço, destruindo-a e iniciando o processo de corrosão da armadura do concreto. A penetração de íons cloreto pode ocorrer mediante estruturas porosas ou como componente dos materiais constituintes do concreto, se a concentração crítica for maior do que 0,4% em relação à massa do cimento, o início da corrosão poderá acontecer (SOUZA; RIPPER, 1998).

A NBR 6118 (2014) recomenda o uso de cimento com adições de escória ou material pozolânico como forma de minimizar o ataque destes íons e a NBR 7211 (2009) prescreve uma massa de 0,1% de cloreto em agregados como valor limite em estruturas com concreto armado.

O concreto apresenta quatro principais mecanismos de transporte de agentes agressivos: absorção capilar, permeabilidade, difusão iônica e migração iônica. Chamamos de agentes agressivos toda substância que pode desestabilizar o concreto armado: águas puras, íons cloreto e sulfatos, gás carbônico e oxigênio FERREIRA, (2003); NEPOMUCENO, (2005).

Além disso a composição do cimento, a relação a/c e o grau de hidratação influenciam na permeabilidade e, portanto, na probabilidade de penetração de íons (HELENE,1993). Segundo Cascudo (1997), o fator de maior importância no transporte de substâncias dissolvidas no interior do concreto é a porosidade. Pois, a conexão dos

poros, sua distribuição e diferentes tamanhos, determinam a possibilidade de transporte de substâncias e a sua velocidade de transporte no interior da estrutura.

3 | SÍLICA ATIVA

A sílica ativa, é um subproduto obtido nas chaminés de fundição das indústrias de liga de ferro - silício e silício metálico (Si). As características físicas e químicas da sílica ativa são determinadas de acordo com sua composição, granulometria, cor, entre outros aspectos. E são relacionadas ao aspecto de produção das ligas de silício metálico, tais como:

- Tipo de liga
- Tipo de forno
- Composição química das matérias-primas

A sílica ativa proveniente da fabricação do silício metálico é normalmente mais fina do que a proveniente da fabricação do ferro - silício, em função das diferenças nas temperaturas alcançadas pelos fornos, que tendem a diminuir à medida que aumenta a proporção de ferro na liga metálica (MEHTA, 1989).

Segundo Mehta (1986), a estrutura amorfa e o reduzido diâmetro das partículas são as principais razões que contribuem para a excelente atividade pozolânica da sílica ativa.

Sua utilização juntamente com o cimento Portland acelera a hidratação da alita (C3S) e diminui a quantidade de água não-evaporável se comparada com pastas puras de cimento Portland (TAYLOR, 1990).

Quando misturadas ao cimento Portland as partículas de sílica ativa tendem a se agregar, causando forças eletrostáticas de contato (NITA, 2007), aumentando sua superfície específica.

A sílica ativa é composta basicamente por dióxido de silício (SiO_2) e quanto maior o teor de silício na liga, maior o teor de SiO_2 da sílica ativa. (VIEIRA, 2003). Devido a essa constituição ela possui uma elevada superfície específica e uma ação química de alta resistividade.

A utilização da sílica ativa modifica as propriedades do concreto tanto no estado fresco como no estado endurecido (MEHTA, 1986); (SELLEVOLD; NILSEN, 1987). Principais benefícios proporcionados pela sílica ativa ao concreto (VIEIRA, 2003):

Estado Fresco:

- Maior coesão e estabilidade
- Menor exsudação e segregação

Estado Endurecido:

- Maior resistência mecânica

- Maior aderência aço-concreto
- Maior durabilidade

Com o aumento da durabilidade obtemos mais benefícios a estrutura, como:

- Maior resistência a ataques químicos
- Maior resistência à abrasão
- Maior absorvidade
- Maior resistividade
- Menor difusão de oxigênio
- Menor penetração de íons agressivos

Mesmo tendo diversos benefícios a estrutura, a quantidade dessa adição deve ser controlada (MANGAT; MOLLOY, 1995) afirmam que as sílicas ativas, em determinadas quantidades, podem diminuir o pH da solução dos poros, em função da reação pozolânica com o hidróxido de cálcio, diminuindo a capacidade de fixação dos íons cloreto, aumentando a relação Cl^-/OH^- . Como consequência, a sílica ativa, disponibiliza um aumento da quantidade de íons livres na estrutura dos poros, potencializando o risco de corrosão.

4 | MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de encontrar um concreto capaz de resistir a penetração do íon cloreto, para evitar ou reduzir significativamente o ataque por íons cloreto nas estruturas de concreto, foram produzidos quatro tipos diferentes de concreto, com diferentes porcentagens de sílica ativa.

4.1 Moldagem dos Corpos de Prova

O processo de moldagem dos corpos de prova foi realizado de acordo com a norma NBR 5738 (2016), em forma de cilindro 10 cm x 20 cm. Após a moldagem, foi feito o ensaio de “Determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone”, conforme a NBR NM 67 (1996). A desforma dos corpos de prova ocorreu 24 horas após a moldagem e em seguida eles foram colocados em um tanque com água potável para realização da cura por via úmida.

Partindo da relação água/cimento 0,48 e do consumo de cimento de 433 kg/m³, obtivemos uma proporção de 1:2:2, que foi utilizado em todos os corpos de prova confeccionados. O cimento utilizado na moldagem foi o CP II Z – 32, brita 1 (diâmetro variando entre 9,5 mm e 19 mm) como agregado graúdo e areia fina como agregado miúdo. Por tanto, a resistência característica (f_{ck}) média de 32 MPa, para todos os corpos de prova.

Foram produzidos concretos com 0% (convencional) de sílica ativa, para

serem utilizados como parâmetro com os demais concretos com a adição, que foram respectivamente, de 5%, 10% e 15% de adição de sílica ativa em relação à massa de cimento. A sílica ativa, em geral, possui diâmetro médio da ordem de $0,1 \mu\text{m}$ e área superficial específica entre 15 e $25 \text{ m}^2/\text{kg}$ (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

4.2 Ensaio de Migração de Íons Cloreto

O concreto produzido foi analisado através do desenvolvimento da norma internacional ASTM C1202/2019, ensaio intitulado “Método de teste padrão para indicação elétrica da capacidade do concreto de resistir à penetração de íons cloreto”. Esse ensaio, não normatizado no Brasil, consiste na aplicação de uma carga elétrica de 60 V, em um corpo de prova (CP) de concreto cilíndrico de 10 cm x 5 cm. Após a moldagem dos corpos de prova eles foram cortados nas medidas pedidas na norma, ela sugere o uso apenas da face superior do corpo de prova, os primeiros 5 cm.

Porém, de acordo com (MEDEIROS, 2012) não existe influência significativa nos resultados do ensaio de migração de íons, utilizando mais de uma fatia do corpo de prova, além da superior, como sugerida na norma. Para essa pesquisa foram utilizadas quatro fatias de cada concreto produzido, sendo apenas a primeira fatia analisada, retirada da face superior do corpo de prova, os chamados de CP1.

Como especifica a norma, antes da realização do ensaio os corpos de prova ficaram durante 18h no vácuo submersos em água, com pressão de 50 mmHg, como mostra na Figura 1, com a finalidade de preencher todos os vazios da microestrutura do concreto.



Figura 1: Corpos de Prova no vácuo, antes da realização do ensaio no laboratório de Química da Universidade Católica de Pernambuco. (Fonte: Autores, 2019).

Após o vácuo, o corpo de prova é seco superficialmente e colocado na célula de indução para o início do ensaio. Uma das faces do corpo de prova tem contato com uma solução de Cloreto de Sódio (NaCl) a 3% e a outra com uma solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) 0,3N.

Entre o corpo de prova e as soluções foi colocada uma tela condutora, que está

ligada a um circuito associado em série, recebendo uma tensão de 60 V. O ensaio tem duração de 6h e a cada 30 minutos é registrada a corrente que está passando no corpo de prova. Durante os ensaios a temperatura ambiente foi controlada e permaneceu em média 24°C, durante todos os ensaios. A Figura 2 mostra o circuito durante a execução do ensaio.

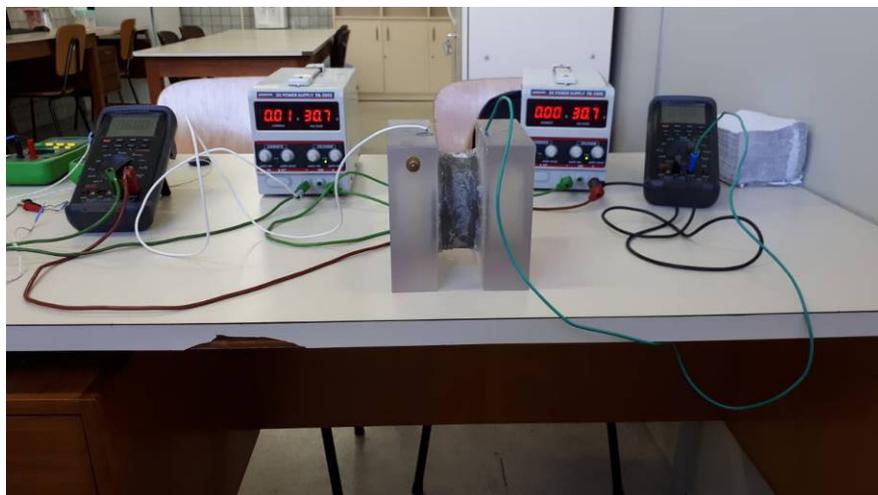


Figura 2 – Configuração do ensaio de migração realizado no laboratório de física da Universidade Católica de Pernambuco. (Fonte: Autores, 2019).

Como especificado na norma, ao final do ensaio o cálculo da carga total passante no corpo de prova durante o ensaio é encontrado de acordo com a fórmula:

$$Q = 900 (I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + 2I_{90} + \dots + I_{360})$$

Onde:

I – é a corrente a cada 30 minutos até os 360 minutos, em Ampere;

Q – é a carga total passante durante todo o ensaio, em Coulomb;

Ao obter a carga total passante, utiliza-se o Quadro 1, mostrado a seguir, disponibilizada pela própria norma ASTM C1202/2019, para a determinação da Resistência à penetrabilidade de íons cloreto no concreto.

Carga Total (Coulomb)	Penetrabilidade de Íons Cloreto
>4.000	Alto
2.000 - 4.000	Moderado
1.000 - 2.000	Baixo
100 - 1.000	Muito Baixo
<100	Inexistente

Quadro 1 – Penetrabilidade de íons cloreto baseado na carga passante. (Fonte: Norma ASTM C1202/2019).

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Concreto com 0% de Sílica Ativa

Primeiramente produziu-se o concreto experimental com 0% de sílica ativa, onde o abatimento foi de 0 (zero) cm. O ensaio de migração de íons foi feito com quatro fatias do corpo de prova, sendo a fatia número 1, retirada da face superior do corpo de prova, como determinado em norma. O Quadro 2 mostra os resultados comparativos desses primeiros ensaios.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Corrente (A)				
I0	0,1623	0,1429	0,1240	0,1575
I30	0,1982	0,1676	0,1489	0,1868
I60	0,2138	0,1836	0,1622	0,2004
I90	0,2274	0,1956	0,1732	0,2123
I120	0,2411	0,2035	0,1811	0,2182
I150	0,2452	0,2098	0,1877	0,2226
I180	0,2530	0,2143	0,1908	0,2264
I210	0,2552	0,2188	0,1928	0,2260
I240	0,2600	0,2210	0,1943	0,2271
I270	0,2658	0,2243	0,1950	0,2286
I300	0,2682	0,2261	0,1955	0,2280
I330	0,2724	0,2272	0,1950	0,2292
I360	0,2373	0,2315	0,1968	0,2276
Carga Total Passante (C)				
Q t	5.220,18	4.462,20	3.918,42	4.676,67

Quadro 2: Correntes e Carga Total passante nos CP's sem Sílica Ativa.

De acordo com o Quadro 1, quando a carga total passante é maior que 4.000 C, o concreto tem alta probabilidade de penetração de íons cloreto. Isso ocorreu em três dos corpos de prova analisados, sendo o CP 3 o único que obteve uma carga menor que 4.000 C, sendo considerado com moderada probabilidade de penetração. Mas, tirando uma média aritmética dos resultados, obtemos uma carga total passante de 4.569,37 C, o que enquadra o traço com alta probabilidade de penetração de íons cloreto.

5.2 Concreto com 5% de Sílica Ativa

O segundo tipo de concreto analisado contém a menor porcentagem de adição analisada nesse estudo, foi produzido com 5% de sílica ativa, onde foi necessário utilizar 0,4% da massa de cimento de um aditivo superplastificante, para melhorar a trabalhabilidade do concreto, resultando em um abatimento de 3 (três) cm. O Quadro 3 mostra os resultados dos ensaios com essas proporções.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Corrente (A)				
I0	0,0766	0,0717	0,0689	0,0758
I30	0,0834	0,0767	0,0779	0,0784
I60	0,0872	0,0803	0,0826	0,0798
I90	0,0915	0,0828	0,0864	0,0812
I120	0,0939	0,0844	0,0903	0,0826
I150	0,0960	0,086	0,0927	0,0841
I180	0,0983	0,0868	0,0946	0,0853
I210	0,1006	0,0869	0,0964	0,1004
I240	0,1024	0,0881	0,0996	0,1036
I270	0,1028	0,0884	0,1013	0,1039
I300	0,1045	0,0878	0,1028	0,1041
I330	0,1052	0,0881	0,1056	0,1053
I360	0,1052	0,0881	0,1063	0,1058
Carga Total Passante (C)				
Q t	2.082,06	1.829,16	2.012,04	1.979,1

Quadro 3: Correntes e Carga Total passante nos CP's com 5% de Sílica Ativa.

De acordo com o Quadro 3, a carga total passando em cada corpo de prova variou entre 1.800 C e 2.100 C, aproximadamente, enquadrando os CP's 2 e 4, em baixa probabilidade de penetração e os CP's 1 e 3, em moderada probabilidade de penetração, de acordo com o Quadro 1. Contudo, a carga média passante para esses concretos foi de 1.974,42 C, indicando que esse concreto tem baixa probabilidade de penetração de íons cloreto, mesmo estando bem próximo da margem de moderada probabilidade de penetração (entre 2.000 C e 4.000C).

5.3 Concreto com 10% de Sílica Ativa

O terceiro tipo de concreto analisado foi confeccionado com 10% de sílica ativa, sendo necessária a utilização de 0,5 % da massa de cimento, de aditivo superplastificante, para melhorar a trabalhabilidade do concreto, obtendo um abatimento de 0 (zero) cm. O Quadro 4, mostra os resultados da análise desse concreto.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Corrente (A)				
I0	0,0451	0,0448	0,0405	0,0398
I30	0,0477	0,0484	0,0416	0,0436
I60	0,0489	0,0493	0,0430	0,0458
I90	0,0500	0,0510	0,0448	0,0479
I120	0,0510	0,0533	0,0459	0,0498
I150	0,0520	0,0549	0,0475	0,0512
I180	0,0530	0,0568	0,0484	0,0528
I210	0,0540	0,0578	0,0496	0,0536
I240	0,0544	0,0588	0,0505	0,0543

I270	0,0549	0,0595	0,0510	0,0554
I300	0,0552	0,0605	0,0516	0,0560
I330	0,0554	0,0612	0,0524	0,0567
I360	0,0552	0,6170	0,0533	0,0570
Carga Total Passante (C)				
Q t	1.127,97	1.696,32	1.031,76	1.107,90

Quadro 4: Correntes e Carga Total passante nos CP's com 10% de Sílica Ativa.

De acordo com o Quadro 4, carga média passante em todos os corpos de prova ficou entre 1.000 C e 2.000 C, o que indica uma baixa probabilidade de penetração de íons cloreto, de acordo com o Quadro 1, com carga total média de 1.240,99 C.

5.4 Concreto com 15% de Sílica Ativa

O último tipo de concreto analisado foi produzido com 15% de sílica ativa, onde foi necessário utilizar 1% da massa de cimento de um aditivo superplastificante, obtendo um abatimento de 12 (doze) cm. O Quadro 5 mostra os resultados dos ensaios com esse concreto.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Corrente (A)				
I0	0,0138	0,0160	0,0149	0,0134
I30	0,0139	0,0140	0,0142	0,0132
I60	0,0140	0,0142	0,0144	0,0134
I90	0,0141	0,0143	0,0145	0,0136
I120	0,0140	0,0143	0,0145	0,0138
I150	0,0140	0,0144	0,0145	0,0139
I180	0,0141	0,0144	0,0144	0,0140
I210	0,0141	0,0145	0,0144	0,0141
I240	0,0143	0,0146	0,0144	0,0142
I270	0,0145	0,0147	0,0146	0,0143
I300	0,0146	0,0150	0,0148	0,0144
I330	0,0148	0,0150	0,0148	0,0144
I360	0,0149	0,0152	0,0149	0,0145
Carga Total Passante (C)				
Q t	307,35	315	313,92	301,05

Quadro 5: Correntes e Carga Total passante nos CP's com 15% de Sílica Ativa.

De acordo com o Quadro 5, caso extremo, onde a porcentagem de sílica ativa é a maior analisada, a carga total média passante nos corpos de prova foi de 309,33 C, de acordo com o Quadro 1, para cargas entre 100 e 1.000 C, a probabilidade de penetração de íons cloreto é muito baixa. E esse resultado é observado em cada corpo de prova separadamente.

A Figura 3 mostra um comparativo das cargas médias passantes nos quatro concretos

analisados.

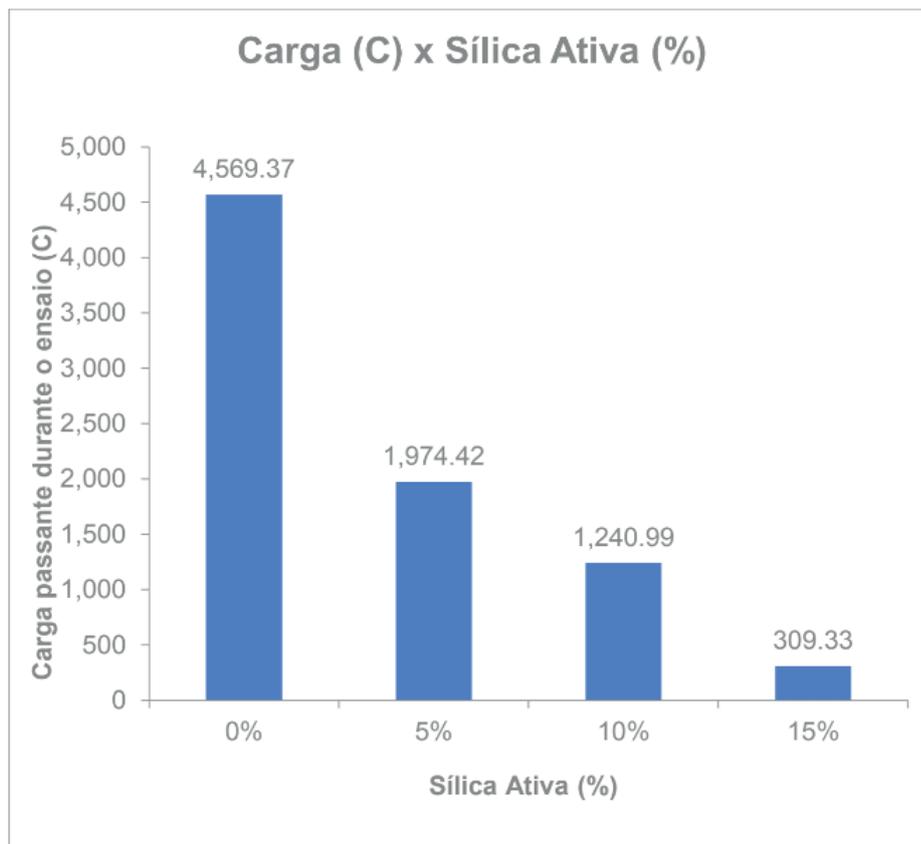


Figura 3: Mostra as cargas médias passantes para cada tipo de concreto, com suas diferentes porcentagens de Sílica Ativa.

6 | CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de diferentes porcentagens de sílica ativa quando adicionadas ao concreto frente a ação de íons cloreto, submetidos ao ensaio de resistência a penetração de íons cloreto normatizado pela ASTM C1202/2019. A análise dos resultados dos ensaios permitiu um melhor conhecimento sobre o efeito da adição de sílica ativa no concreto frente a ação de íons cloreto. Pode-se concluir através do presente estudo que:

- O uso do cimento Portland Pozolânico, sem nenhuma adição, não demonstrou bons resultados quando submetidos ao ensaio, expressando que a porcentagem de material pozolânico de sua composição não são suficientes para a proteção da estrutura contra esse ataque;
- O valor total da carga passante diminui à medida que aumenta a porcentagem de sílica ativa no concreto, resultando em uma maior resistência a penetração de íons cloreto;
- O concreto contendo a maior porcentagem de sílica ativa (15%), apresentou a menor carga passante durante o ensaio, resultando em uma maior resistência a penetração de íons cloreto;

- Foi comprovado que o uso de fatias de qualquer parte do corpo de prova não resulta em alterações significativas nos ensaios, não sendo necessário apenas o uso da fatia superior do corpo de prova, como apresentado na norma.

Da comparação das porcentagens analisadas nesse estudo, é possível concluir que quanto maior a porcentagem de sílica ativa adicionada ao concreto, melhor sua resistência à penetração de íons cloreto, por tanto menor probabilidade de ocorrer ataque por íons cloreto na estrutura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. São Paulo, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados para concreto – especificações. NBR 7211-2005**: Brasil, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. NBR NM 67**: Brasil, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. NBR 5738-2016**: Brasil, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projetos de estruturas de concreto – procedimento. NBR 6118-2014**: Brasil, 2014.

ASTM C1202 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIAL. **Standard Test Method for Electrical indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration. ASTM C1202-2019**: Estados Unidos, 2019.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas**. São Paulo: PINI, 1997.

FERREIRA, R. B. **Influência das adições minerais nas características do concreto de cobrimento e seu efeito na corrosão de armaduras induzida por cloretos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2003.

GRAUSS, C. **Penetração de cloretos em concretos com diferentes tipos de cimento submetidos a tratamento superficial**. Dissertação (Mestrado) Programa de pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2010.

HANSSON, C. M, STRUNGE, H; MARKUSSEN, J. B.; FROLUND, T. **The effect of cement type on the diffusion of chloride**. Nordic Concrete Research, Dinamarca, n.4, p. 70-80, 1985.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo, 1993. 231p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MANGAT, P. S.; MOLLOY, B. T. **Chloride binding in concrete containing PFA, gbs or silica fume under sea water exposure**. Magazine of Concrete Research, v.47, n.171, p. 129-141,1995.

MEDEIROS, M. H F. **Ensaio de migração de cloretos para concreto: influência do número de fatias extraídas**. Artigo, Revista de Minas, Ouro Preto, Programa de pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. São Paulo, 2012.

MEHTA, P. K. **Condensed silica fume**. In: SWAMY, R. N. *Concrete Replacement Materials*, (Concrete technology and design; v.3) London, Surrey University Press, 1986. Cap.5, p. 134-170.

MEHTA, P. K. Pozzolanic and cementations by-products in concrete. Another look. In: **International conference on the use of fly ash, silica fume, slag, and natural pozzolans in concrete**, 3., 1989, Trondheim, Norway. Proceedings... Detroit: American Concrete Institute, 1989. V2, p. 1-44. (ACI Special Publication, 114).

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. M. **Concreto: microestrutura, propriedade e materiais**. 3 ed. São Paulo. IBRACON, 2008.

NEPOMUCENO, A. A. **Mecanismo de transporte de fluidos no concreto**. In: *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*, São Paulo: IBRACON, 2005, v. 2.

NITA, C; VANDERLEY, M. J. **Materiais pozolânicos: o metacaulim e a sílica ativa**. Boletim técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2007.

SELLEVOLD, E. J.; NILSEN, T. Condensed silica fume in concrete: a world review. In: Malhotra, V.M. **Supplementary cementing materials for concrete**. Ottawa, CANMET, 1987, Cap. 3, p. 167-243.

SILVA, D. R, **Estudo de inibidores de corrosão em concreto armado, visando a melhoria na sua durabilidade**. Dissertação (Doutorado) Programa de pós-Graduação em Ciência e Engenharia de materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte, 2006.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

TAYLOR, H. F. W. **Cement Chemistry**. London: Academic Press, 1990. 475 p.

VIEIRA, F. M. P. **Contribuição ao estudo da corrosão de armaduras em concretos com adição de sílica ativa**. Dissertação (Doutorado) Programa de pós-Graduação em Engenharia de Minas, metalúrgica e materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2003.

VIEIRA, G. L. **Estudo do processo de corrosão sob a ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre, 2003. 163p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

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